

A MÚLT MAGYAR TUDÓSAI

FŐSZERKESZTŐ

SZABADVÁRY FERENC



MARX GYÖRGY

SZILÁRD LEÓ

MTAK



AKADÉMIAI KIADÓ
BUDAPEST

MTAK



014. 112

Megjelent
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

ISBN 963 05 7478 0

Kiadja az Akadémiai Kiadó
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 19–35.

Első magyar nyelvű kiadás: 1997

© Marx György 1997

Minden jog fenntartva,
beleértve a sokszorosítás,
a nyilvános előadás,
a rádió- és televízióadás,
valamint a fordítás jogát,
az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Könyvtár 1032/1098 SZ.

Mikor az ember földén megjelent,
jól bérházott éléskamra volt az,
csak a kezét kellett kinyújtani,
hogy készen szedje mindazt, ami kell.
Költött tehát meggondolatlanul,
mint a sajtféreg, s édes mámorában
ráért regényes hipotézisekben
keresni ingert és költészetet.
De már nekünk, a legvégső falatnál,
fukarkodnunk kell, áttallátva rég,
hogy elfogy a sajt, és éhen veszünk.
Négy ezredév után a Nap kihűl,
növényeket nem szül többé a Föld.
Ez a négy ezredév hát a mienk,
hogy a Napot pótolni megtanuljuk.
Elég idő tudásunknak, hiszem.
Fűtőszerűl a víz ajánlkozik,
ez oxidált legtisztább anyag.
Az organizmus titkai közel
állnak ma immár a fölleplezéshez.
Éppen jó, hogy beszédünk erre vitt,
majdnem feledtem volna lombikom,
mert én is épp e tárgyban dolgozom.

(Madách Imre: Az ember tragédiája)

TARTALOM

Láncreakció	9
Az atommag elhasad	26
Második tűzgújtás	51
Hirosima tragédiája	63
Egy különös kisfiú	84
Értelem vagy zűrzavar?	100
Egy nappal korábban	122
Tíz parancsolat	155
Bibliográfia	157

LÁNCREAKCIÓ

A londoni Imperial Hotel halljában történt egy péntek délelőtt, 1933. szeptember 11-én, hogy a *Times* aznap-i számát lapozva Szilárd Leónak szemébe ötlött a szalagcím:

AZ ATOM SZÉTROMBOLÁSA

– ELEMÉK ÁTALAKÍTÁSA

A lap Lord Rutherfordnak, az atommag Nobel-díjas fölfedezőjének a Brit Tudományos Szövetségben előző nap tartott előadásáról adott hírt. (Az atom tömör magját Rutherford nevezte el a barackmag latin nevéből *nukleusz*nak.) Ebben az előadásában a manchesteri professzor arról számolt be, hogy sikerült megfigyelnie, amint nagyenergiájú hidrogén-atommagok (*protonok*) olykor-olykor beleütköztek a levegő valamelyik atommagjába és azt más atommaggá alakították át. Az

atommagoknak pozitív elektromos töltésük van, erősen taszítják egymást. Ezért a magátalakítás csak ritkán, nagyenergiájú telitalálat esetén következett be. Rutherford örült, ha egy-egy ilyen nagyenergiájú mag-szétverést egyáltalán sikerült megfigyelnie. A Lord előadását e figyelmeztető szavakkal zárta:

– Egy magfolyamatban akár több energiát is kaphatunk, mint amennyit a bejövő pozitív részecske magával hozott, de azt már nem várhatjuk, hogy ily módon összességében energiát fogunk nyerni. Ez az energianyerés nagyon szegényes és rossz hatásfokú módszere lenne. A téma tudományos szempontból érdekes, mert bepillantást enged az atom belsejébe. De aki atomátalakítással próbálna energiát nyerni, az holdkóros.

Leót egy dolog izgatta föl legjobban életében: ha egy tekintélyes úr valamire azt állította, hogy lehetetlen. Dél-tájban az Imperial Hotelből a Holborn mentén a Szent Bertalan Kórház

felé sétálva, a Southampton utca kereszteződésében [fénykép] megállította a piros közlekedési lámpa. Ott ácsorogva a Lord állításán töprengett. Amint a lámpa zöldre váltva szabad utat jelzett, Szilárd Leónak is beugrott a megoldás: egy évvel korábban épp Lord Rutherford manchesteri laboratóriumában fedezett fel Chadwick egy olyan magrészcsekkét, amelynek nincs elektromos töltése. Ez a neutron mag-ütközéskor kiszabadulhat az atommag kötelékéből. Ha a neutron egy másik atommaggal találkozik, nem érez taszítást, akadály nélkül behatol és magreakciót válthat ki.

– Amint a lámpa zöldre váltott, hirtelen eszembe jutott: ha találunk egy elemet, amit a neutron kettéhasít, és amelyik egyetlen neutron becsapódása után két neutron bocsát ki, akkor ebből az elemből elég sokat összegyűjtve megvalósítható egy nukleáris láncreakció. [Egy neutron kettőt kelt, a két neutron két magreakciót kiváltva négyet, az általuk keltett

négy magreakcióban már nyolc neutron keletkezik, és így tovább lavinaszerűen.] Abban a pillanatban még nem láttam, hogyan lehetne ilyen elemet találni, milyen kísérleteket kellene ehhez elvégezni, de az ötlet nem hagyott tovább nyugodni. Alkalmas körülmények között nukleáris láncreakciót lehetne létrehozni, ezáltal ipari méretekben lehetne energiát nyerni, akár atombombát építeni. Szenvédélyemmé vált a gondolat, hogy ez talán lehetséges.

Barátai szerint ebben a Szilárd által leírt történetben biztosan van legendás elem is, mert Szilárdot sohasem állította meg egy piros lámpa. De Szilárd készen állt arra, hogy magára vállalja az emberiség gondjait. Kedvenc gyerekkori olvasmánya volt Madách Imre műve, *Az ember tragédiája*, amelynek a jövőben lejátszódó sorait bevezető mottóként idéztük. 1919-ben Magyarországról, 1933-ban Németországból kellett emigrálnia. Londonban épp a Hitler által üldözött

német tudósok számára szervezett kiutazást és állást. Úgy érezte, hogy meg kell mentenie a világot, és erre most a tudomány adhat lehetőséget. Egyik kedvenc olvasmánya H. G. Wells könyve volt, *A fölszabadult világ*, amit a jövőbe látó író 1913-ban írt. (Magyarul 1922-ben jelent meg.) Ebben a regényben mondja a képzeletbeli Rufus professzor:

– ... és így láthatjuk, hogy a rádium, ami fantasztikus kivételnek tűnt, őriült ellentétéként mindannak, amit a legokosabb koponyák mondtak és hittek az anyag szerkezetéről, lényegét tekintve hasonló a többi elemhez. A rádium azonban sokkal erőteljesebben teszi, amit valószínűleg a többi elem is megtesz, de utóbbiak észrevehetetlen lassúsággal. A rádium-atom bomlása olyan, mint egy kiáltás, amely elárulja a sötétben rejtőzködő tömeget. A rádium olyan elem, amely önként átalakul. Ezt valószínűleg a többi elem is megteszi, csak kevésbé észrevehető ütemben. Lehet, hogy az urán is képes rá, és e

kémcsőben tartott elemek: a tórium és az aktínium szintűgy. Azt hiszem, hogy egy hosszú történet kezdetén vagyunk. Az atomokat merev, áthatolhatatlan, oszthatatlan, örökkön való és élettelen képződményeknek tekintették, pedig azok hatalmas energiák tartályai. Ez eddigi kutatásaink eredménye. Nemrég az atomokat csak tégláknak, megbízható építőköveknek véltük, amikből összerakható az élettelen anyag. Ma már látjuk: ezek a téglák dobozok, kincsesládák, telve a leghatalmasabb energiával. Ebben a kezemben tartott palackban fél liter urán-oxid van, abban alig 400 gramm az urán, mindössze egy fontba kerül. Hölgyeim és Uraim, ez a palack urán annyi energiát rejt magában, ami 160 tonna szénnel egyenértékű. Ha ez az energia – parancsomra – kiszabadulna, a robbanás mindnyájunkat, e szobában minden tárgyat porrá vetne szét. Ha pedig egy villanytelepre tudnánk irányítani ezt az energiát, az városunkat egy héten keresztül kivilágítaná. De ma még senki nem tudja, hogyan lehetne ezt a kis

anyagdarabot arra készíteni, hogy gyorsabban fölszabadítsa energiáját. Az urán nagyon lassan alakul át rádiummá, a rádiumból radon lesz, és így tovább. Az átalakulás előrehalad, minden lépésben csak egy csepp energiát bocsátva ki, míg csak el nem érjük az ólmot. Miért történik mindez ilyen lassan? Miért csak az energia csekély töredékét kapjuk egy-egy másodpercben? Miért nem alakul át az egész anyag azonnal alsóbbrendű elemmé? Miért nem gyorsíthatjuk föl ezt az átalakulást? Ha erre meglenne a tudásunk, egy kupac uránt és tóriumot olyan energiaforrássá tehetnénk, amely egy teljes éven át kivilágíthatna egy várost, amely legyőzhetne egy hajóhadat, amely egy hajót áthajtana keresztül az óceánon. El tudják képzelni, Hölgyeim és Uraim, mit jelentene ez az emberiség számára? Ennek a fölfedezésnek a jelentősége a tűzgyújtáshoz volna mérhető, ami az embert az állat fölé emelte. Úgy tekintünk most a radioaktivitásra, mint őseink a tűzre tekintettek, mielőtt megtanultak

volna saját hasznukra tüzet gyújtani. Őseink a tűzben egy befolyásuk fölött álló idegen hatalmat láttak, mint a tűzhányó kitörése, mint az erdőn végigszárguló tűzvész. Így tekintünk mi most a radioaktivitásra. De egy új kor hajnalához érünk. Annak a civilizációnak a csúcán, ami a barlangi ember kőbaltájával és tűzgyújtó pálcájával kezdődött, épp amikor energiahiánnyal kell szembenéznünk, egy új civilizáció lehetőségét pillantjuk meg. Energia – amiből a múltban sohasem volt elég – itt van bőségben körülötünk, csak a zárhoz meg kell találnunk a kulcsot – de meg fogjuk találni!

Leóra mély benyomást gyakorolt ez a regény, melyben Wells 1933-ra tette a radioaktivitás felgyorsításának idejét. Térjünk hát vissza a Londonba, az igazi 1933-ba. – Minden, amit H. G. Wells megjósolt, hirtelen reálisnak tűnt számomra! – Szilárdot és Wellset egy osztrák üzletember hozta össze, Otto Mandl. Együtt is vacsoráztak. Egyik beszélgetésük során

Mandl – a teljes pusztulással fenyegető háborúról szólva – elmondta: szerinte az emberiség haladásba vett hitét csak az úrkutatás, más bolygó fölkeresése adhatja vissza. Az ötlet Szilárdot is meglepte, de elgondolkozva arra a következtetésre jutott, hogy csak az atomenergia földszabadítása adhat módot a Föld vagy akár a Naprendszer elhagyására. Szilárd ismételtlen meglátogatta Wellset. Wells könyvének egy példányát pedig elküldte Sir Hugo Hirstnek, a Brit Villamosművek vezérigazgatójának, e szavak kíséretében:

– Persze mindez csak holdvilág, de okom van hinni, hogy a jelen fizikai felfedezések ipari alkalmazásait tekintve az író jóslata pontosabbnak bizonyulhat, mint a tudósok jóslatai.

Szilárd Leó Lord Rutherfordnál tett látogatására célozhatott. Hallgassuk Teller Edét, mit mondott erről 60 évvel később, a budapesti Eötvös Egyetem hallgatóinak:

– 1933 őszén Londonba mentem. A fizikusok találkozóján Lord Rutherford tartott előadást. Ebben Rutherford 10–15 percig olyan örült emberekről beszélt, akik a magenergia hasznosításában hisznek. – „Ez lehetetlen!” – állította. – „Az atommag energiája érdekelheti a fizikust, de semmi másra nem jó.” – Nem tudom pontosan idézni Rutherford szavait, mert negyedórán át magyarázta, de mondani-valójának ez volt a lényege. Nem értettem, mi történt vele. Ugyanezen a héten találkoztam Londonban régi barátommal, Szilárd Leóval. Ő elmesélte, hogy fölkereste Rutherfordot; elmondta neki, hogy a magenergia hasznosítható lehet, vele hatalmas robbanás hozható létre. A Lord reakciója az volt, hogy kidobta irodájából. Rutherford annyira dühbe gurult, hogy hetekkel később sem tudott másról beszélni, mint hogy az ötlet milyen örülség.

Szilárd más fizikusoknál is próbálkozott: M. S. Blackettnél és G. P. Thomsonnál (később mindketten Nobel-díjat kaptak), hogy tervezett kísérleteihez

megkapja a támogatást, mindhiába. Blackett ezt mondta Szilárdnak: – Nézz, ilyen fantasztikus elképzeléshez nem lesz szerencséje Angliában. Erre talán csak Oroszországban kapna támogatást. Ha egy orosz fizikus elmenne a kormányhoz és azt mondaná, „nukleáris láncreakciót szeretnék csinálni,” minden pénzt és berendezést megkapna hozzá. De nem itt, a józan Angliában. – (Blackettnek igaza is volt. Ralph Alpher, a Nagy Bumm elméletének kidolgozója mesélte el a szerzőnek, hogy George Gamow, aki a kvantummechanika alapján megmagyarázta, miért oly lassú a radioaktív bomlás, 1928-ban előadást tartott Leningrádban. Arról beszélt, hogy a Nap energiája atommagok egyesüléséből ered. Előadása után Gamowot magához hívatta Buharin, a Szovjet Műszaki Fejlesztési Bizottság vezetője, és azt kérdezte:

– Azok a magreakciók, amelyek a Napban végbemennek, vajon nem volnának-e közvetlenül létrehozhatók és előidézhetők a Földön is?

Buharin felajánlotta Gamownak: éjszakánként rendelkezésére bocsátja a leningrádi villamosművek által termelt összes energiát. De Gamow csakhamar kegyvesztett lett, mert kvantummechanikát tanított, amit pedig a szovjet filozófusok károsan idealista tannak minősítettek, ezért kitették a leningrádi egyetemről. Gamow később Amerikába távozott, ahol 1938-ban Tellerrel együtt kidolgozta a csillagok nukleáris energiatermelésének elméletét. (Néhány évvel később Sztálin Buharint kivégeztette, de nem ezért. Koestler Arthur később Buharin alakjából komponálta regényhősének, Rubasovnak az alakját világhírű könyvében: *Sötétség délben*.) A ciklotronépítő Lawrence még 1938-ban is így vélekedett:

– *Annak, hogy az atommag szétrombolásából hasznosítható energiát nyerjünk, nincs nagyobb esélye, mint hogy az óceánt fagypontra hűtsük és az abból kivont hőt használtsuk.*

Szilárd Leó több megértést talált a vegyészeknél, akik ismertek kémiai láncreakciókat, amilyen a tűz. Különösen Polányi Mihály mutatott érdeklődést, aki maga is a szabad gyökök által katalizált láncreakciókkal foglalkozott. (Korábban Polányi volt Wigner Jenő doktori témavezetője Berlinben, ekkor pedig a manchesteri egyetem professzora.) 1934. november 11-én Polányi megkérdezte Szilárdot: – *Megírhatom Aschner Lipótnak [az újpesti Tungsram gyár vezérigazgatójának], hogy éppen nagy találmány kidolgozásával foglalkozol, és megkérdezhetem, vajon érdekelné-e őt ennek támogatása?* – A magenergia fölszabadítása mégsem az 1930-as években következett be és nem Újpesten. 1935. június 28-án keltezett levelében Polányi Mihály ezt írta: „Kedves Szilárd, Weizmannal folytatott beszélgetésem alapján úgy látom, hogy ő hajlik egy kutatási alapítvány létrehozására. Üdvözlettel P. M.”

Chaim Weizmann is vegyész volt, megpróbált 2000 angol fontot összegyűjteni Szilárd kutatásának támogatására, de sikertelenül. (Később Chaim Weizmann lett Izrael állam első elnöke.) Végül Szilárd Leó úgy döntött, hogy szabadalmat kér a *neutron-láncreakció*ra. Az 1934. március 12-én bejelentett szabadalmát – a háborút előre érezve – titkosítani kívánta. Ezt azonban a Brit Hadsereg – mint értelmetlen folyamodványt – elvetette: „Nem látunk okot arra, hogy a Hadügyminisztérium ezt a bejelentést titkosan kezelje” (1935. október 8). Végül a Brit Admirális fogadta el a szabadalmat titkosításra. A szabadalmi leírás elmondja:

„Ezt a reakcióláncot metastabil elemekkel lehet realizálni. Ilyen elem egy neutron befog, és az ekkor kiszabaduló kötési energia elegendő arra, hogy az elem elbomoljon, energiát szabadítson föl és kettő további neutronot emittáljon. (Az urán és tórium metastabilitását radioaktív bomlá-

suk jelzi.) Van egy kis, de nem zérus esély arra, hogy ezen elv alapján előállított robbanóanyagok ezerszerre hatékonyabbak legyenek a szokásos bombáknál.”

A 440023. számú szabadalmat 1934. június 28-án követte a 630726. szám alatt és 1935-ben a 814236. számon bejelentett kiegészítő szabadalom. Ezekben Szilárd leírta, hogy a reaktív anyag *kritikus tömege* szükséges ahhoz, hogy a térfogattal arányos mennyiségben *keletkező* neutronok száma nagyobb legyen, mint a felületen át *megszökő* neutronok száma, azaz hogy a láncreakció ne fulladjon le.

(Szilárdnak több elem volt a jelöltje, kedvence a berillium volt. Tudta, hogy a ${}^8\text{Be}$ atommag teljesen instabil, keletkezése pillanatában két ${}^4\text{He}$ atommagra hasad. Ezért neutronkétszerézésre Szilárd a $n + {}^9\text{Be} \rightarrow 2\,{}^4\text{He} + 2n$ reakciót javasolta. Igaz, a berillium meglehetősen drága. Ezért kellett volna kísérleteihez 2000 font, amit Weizman-

nak nem sikerült összegyűjtenie. Később kiderült, hogy Aston tömegspektroszkópai mérései, amikre Szilárd támaszkodott, hibásan voltak kalibrálva. A berillium-reakció létrejön ugyan, de nem szabadít föl energiát, hanem energiát fogyaszt. Erre Wigner figyelmeztette barátját, de nem sikerült teljesen meggyőznie.) A kémikus Wigner Jenő mindazonáltal optimista volt:

– Szilárd erőfeszítéseit nagy érdeklődéssel követtem, elképzelése nem mondott ellent semmilyen ismert fizikai alapelnak. Kontrollált nukleáris energia nyerése csak idő kérdésének tűnt. Ezt 1935 végén el is mondtam a General Electric megbízottjának, aki valamilyen más ügyben szakvéleményt kért tőlem. Elmeséltem barátaimnak is. 1935 tavaszán rövid előadást tartottam Madisonban (Wisconsin, USA); abban megjósoltam, hogy öt éven belül atomenergiát fogunk nyerni. Kevés alapom volt, hogy épp öt évet mondjak. Arra pedig egyáltalán nem gondoltam, hogy abban nekem is szerepem lesz.

Amikor Hitler hódító ambíciói Európában fenyegetővé váltak, Szilárd Leó – akárcsak Wigner Jenő – Amerikába emigrált. Ott Szilárd pénztámogatást szerzett és sorra vizsgált különböző elemeket az $n \rightarrow 2n$ reakció szempontjából. De sikertelen maradt. Így 1938. december 21-én levelet küldött a londoni Szabadalmi Hivatalnak:

„Nem látszik szükségesnek, hogy a 814 236. számú szabadalmamat fenntartsam, ezért azt visszavonom.”

Az atommag semleges alkotórészecskéjét, a neutront 1932-ben Rutherford laboratóriumában, Manchesterben fedezte föl James Chadwick, de így nyilatkozott róla: – *Tudományosan érdekes felfedezés, de nincsen gyakorlati jelentősége.* – Enrico Fermi Rómában ismerte föl a felfedezés horderejét: a neutronok elektromosan semlegesek, ezért belépésüket a pozitív atommagba nem akadályozza semmi elektromos taszítás, belépés után viszont fogva tartja őket a rövid hatótávolságú, de igen intenzív magerő. A neutron tehát alkalmas eszköz új, nagyobb atommagok létrehozására. Teller Ede ebben az időben meglátogatta Fermit, erről idézett budapesti előadásában így számolt be:

– *Fermi a különböző kémiai elemeket egymás után sugározta be neutronokkal.*

Az így kialakult neutronfölség a legtöbb elemet radioaktívvá tette. Amikor az uránhoz ért, Fermi nemcsak egyfajta radioaktivitást figyelt meg, hanem radioaktív bomlások egész seregét. Ebből arra következtetett, hogy a neutronban túlságosan gazdaggá tett uránból uránon túli elemek sorozata jött létre. (Ezért Fermi meg is kapta a fizikai Nobel-díjat 1938-ban. A Nobel-díj átvétele után azonban nem ment vissza Rómába, hanem feleségével New Yorkba távozott, elfordulva az Itáliában erősödő fasizmustól.) Ida Noddack, a rhenium elem felfedezője, publikált ugyan egy tanulmányt, amelyben felvetette annak lehetőségét, hogy a komplex bomlássorozat talán nem uránon túli elemek instabilitásának tudható be, hanem az urán kettéhasadásának, de ezt Fermi nem fogadta el. Fermi ugyanis utánaszámolt és azt az eredményt kapta, hogy az atommag kettéhasításához nem elég az energia. Fermi számítása jó is volt. Csak az volt a baj, hogy ő is az atommagok Aston által pontatlanul mért tömegeivel

számolt. Itt érdemes egy pillanatra elgondolkoznunk. 1932-ben Hitler még nem volt uralmon. Ha a mag kettéhasítását már 1932-ben fölfedezik, nem tudjuk, elsőként ki használta volna és mire. A maghasadást azonban csak 1938-ban fedezték föl.

A németek kiválóan pontos kémikusok. Berlinben, a Vilmos Császár Kutatóintézetben Otto Hahn és Fritz Strassmann azonosítani kívánta a Fermi által uránból előállított uránon túli elemeket. De az egyik radioaktív termék gyanúsán viselkedett: kénsav hatására ugyanúgy kicsapódott a vizes oldatból, mint a bárium szokott. A kémikusok rádiumra gyanakodtak, hiszen az a kémiai elemek Periódusos Rendszerében épp a bárium alatt lévő, kémiailag báriumhoz hasonlóan viselkedő elem. Ezután finomabb módszerrel szétválasztották a báriumot és a rádiumot – de az újszerű radioaktivitás a báriummal maradt! A kémiai következtetés: neutronok hatására az

urán-atommag nem nőtt meg, hanem kettéhasadt, ez esetben báriumra és kriptonra. A maghasadást Berlinben 1938 decemberében fedezték fel, azt a német *Naturwissenschaften* című folyóiratban tették közzé 1939. január 6-án. (Ez már a 2. világháború kitörésének esztendeje.)

Otto Frisch megfigyelte, hogy a hasadványok nagy elektromos jeleket váltanak ki: maghasadáskor nagy energia szabadul föl! Lise Meitner, a náciak elől Ausztriából Dániába emigrált fizikusnő meg is magyarázta, hogy a maghasadásnak valóban energiafelszabadulással kell járnia, hiszen az urán-atommagnak nagy pozitív elektromos töltése van, ha kettéhasítjuk, a hasadványok az erős elektromos taszítás folytán nagy sebességgel repülnek szét.

1939 januárjában Niels Bohr, az atomszerkezet első modelljének Nobel-díjjal jutalmazott megalkotója Kopenhágában hajóra szállt, hogy

Amerikában előadókörutat tegyen. Már a hajón volt, amikor Lise Meitnertől megkapta a meglepő hírt: A keménységéről és stabilitásáról ismert atommag az urán esetében neutron hatására kettéhasad! Pedig az a *to m* szó azt jelenti: oszthatatlan! A dán hajó 1939. január 16-án kötött ki New Yorkban. Niels Bohr a vámvizsgálatra várva elújságolta a hírt az őt fogadó amerikai fizikusnak, John Archibald Wheelernek, aki megdöbben:

– Úgy éreztem magam, mint a kinyújtott ujjú Ádám Michelangelo freskóján a Sixtus Kápolnában: az Úr üzent!

Bohr a Princetoni Egyetemre ment előadást tartani. Erre Wigner Jenő így emlékezett:

– Már hat hete feködtem kórházban sárgasággal. Szilárd Leó akkor lakásomban lakott. Majd minden nap meglátogatt a betegszobámban, hogy kedves magyar beszédével fölvidítson. Ezért nagyon hálás voltam neki. Egyik reggel ezzel állított be: „Wigner, most azt hiszem,

meglesz a láncreakció!” Bohr előadását meghallgatva jutott arra a következtetésre, hogy a láncreakciót a maghasadás fogja lehetővé tenni. Ezt először nem fogadtam el, de csakhamar beláttam, hogy Szilárdnak igaza van. Az uránban magasabb a neutronok százalékos aránya, mint feleakkora atommagokban, ezért maghasadás alkalmával néhány neutron kiszabadulhat, kihullhat. Ezek a szabad neutronok pedig továbbvihetik a láncreakciót. A princetoni kórházban Szilárddal beszélgetve néhány nap alatt kidolgoztuk a maghasadás elméletének leglényegesebb pontjait, és én is úgy láttam, hogy a maghasadás nukleáris láncreakcióhoz vezethet. Hiszen tudtam, hogy a kémiai láncreakciót már megértette a tudomány.

Alvin Weinberg mondotta a szerzőnek: Szilárd és Wigner felkészült fejek voltak, hogy megértsék: a maghasadás egyszerre kínálta a neutrontduplázó $n \rightarrow 2n$ folyamatot és az energiafölszabadulást! 1939. január 26-án távirat ment a Brit Admirálisához:

KÉREM, A 814236. SZÁMÚ CP10
SZABADALOMRA NEMRÉG KÜLDÖTT
LEVELEMET TEKINTSÉK TÁRGYTA-
LANNAK SZILÁRD LEÓ

Amikor $n \rightarrow 2n$ magreakció után kutat-
va Szilárd Leó korábban figyelmen kí-
vül hagyta a legnehezebb elemeket, ezt
azért tette, mert hitt Ferminek: azt gon-
dolta, hogy azok befogják a neutront,
és még nehezebb atommag képződik.
Egyszer tréfásan meg is jegyezte:

– Béke-Nobel-díjat érdemelnék azért,
hogy a nukleáris láncreakciót nem fe-
dezték föl már a 2. világháború kitörése
előtt.

A Szovjetunióból érkezett George
Gamow ebben az időben már a Wa-
shington Egyetem professzora volt.
1939 elején egy elméleti fizikai konfe-
renciát szervezett, amelyre Niels Bohr
is meghívta. Január 29-én éjjel Gamow
fölhívta ott dolgozó munkatársát, Tel-
ler Edét: – Képzeld, Bohr megérkezett, de
megbolondult! Azt állítja, hogy az urán
atommagja kettéhasadt! – Teller tudott

Fermi római kísérleteiről, ezért nem
volt olyan biztos abban, hogy Bohr bo-
londságot beszél. Másnap reggel kez-
dődött a washingtoni konferencia. Az
eredeti téma az alacsony hőmérsékle-
tek fizikája volt, de a napirendet fölbo-
rítva Niels Bohr előadását tették első-
nek. A fölfedezéséről szóló beszámoló
után Gamow és Wheeler a maghasa-
dást egy megpöckölt folyadékcsepp
kettészakadásaként értelmezte. A táb-
lánál élénk diszkusszió kezdődött. Ezt
látva az egyik szervező – a téma lehet-
séges jövőbeli horderejére gondolva –
udvariasan kitessekelte a teremben lé-
vő újságírókat. Másnap a szomszédos
intézetben megismételték a kísérletet:
Van de Graaff-féle gyorsító-berende-
zésben keltett nagyenergiájú részecs-
kékkal neutronokat állítottak elő, velük
pedig előidéztek az urán maghasadá-
sát. A jelenlévő Teller megjegyezte:

– Szinte hihetetlen, hogy Fermi már
hat évvel ezelőtt végzett ilyen kísérleteket,
és csak most értjük meg, mi történt!

A konferencia végeztével Teller Ede, a konferencia egyik házigazdája este otthon pihente ki a szervezés fáradalmait, mikor megszörrent a telefon:

– Teller, itt vagyok Washingtonban az Unió Állomáson. Nem jönne ki értem autóval?

Szilárd érkezett meg Wignertől, hogy a maghasadás következményeit másik magyar barátjával is megbeszélje. A diszkusszió a késő éjszakába nyúlt. Teller felajánlotta ugyan Szilárdnak, hogy aludjon náluk, de Szilárd azt kérdezte, hol van a közelben szálloda. – A múltkor már aludtam itt, de túl kemény az ágy!

Szilárd és Wigner után Bohr és Wheeler is kidolgozta a maghasadás elméletét. Ők ismerték föl, hogy lassú neutron csak az urán-atommag könnyű változatát, a ^{235}U izotópot képes elhasítani. Wigner a nukleáris láncreakció lehetősége mellett érvelt, de ezt sem Bohr, sem Fermi nem akarta elfogadni. Bohr kijelentette: – Zagy-

vaság. – Fermi azt mondta: – Csak távoli halvány lehetőség, hogy hasadáskor neutronok is keletkeznek, akkor talán láncreakció is létrejöhet. – Megkérdezték, mit ért „távoli halvány lehetőség” alatt. Fermi ezt válaszolta: – Esetleg 10%. – Erre az egyik vitapartner kirobant: – 10% nem halvány lehetőség, ha meghalhatok tőle! Ha tüdőgyulladást kapok és az orvos azt mondja, hogy csupán halvány annak lehetősége, hogy belehalok, nem több tíz százaléknál, akkor bizony alaposan fölizgatom magam!

Innen kezdve már gyorsan peregtek az események. Szilárd megjósolta, hogy a neutrontól urán-atommag hasításakor szabad neutronoknak is kell keletkezniük, de ezt Bohr nem akarta elhinni. Szilárd Leónak nem volt álása, de Ben Liebowitztól kölcsönként 2000 dollárt, ezen rádiumot és berilliumot bérelt, belőlük neutronforrást állított össze, a neutronokat lelassította és uránra irányította. 1939. március 3-án késő este New Yorkban, a Co-

lumbia Egyetem Pupin Laboratóriumának 7. emeletén a magyar Szilárd Leó és a kanadai Walter Zinn megfigyelték, hogy az uránból gyors neutronok lépnek ki! Szilárd ezt gondolta magában: – *H. G. Wells! Már jövünk!* – Ezen az éjszakán Washingtonban Teller pihenésként éppen Mozartot játszott a zongoráján, amikor megszólalt a telefon. Csak egyetlen mondat hangzott el: – *Megtaláltam a neutronokat!* – Szilárd hangja volt, biztonsági okokból magyarul. Szilárd rábeszélte Fermi, hogy ismételje meg a kísérletet, amit meg is tett a Pupin Laboratórium alagsorában, de Fermi és Anderson nem észlelt többlet neutronokat. Erre Szilárd azt ajánlotta nekik, besugárzásra használjanak *lassú neutronokat*, hogy azoktól majd jobban meg tudják különböztetni a hasadásban keletkezett *gyors neutronokat*. Kölcsönadta nekik a neutronokat lelassító parafintömböt. Most már Ferminek és Andersonnak is sikerült a kísérlet: a magha-

sadás megvalósítja a nukleáris láncreakcióhoz szükséges $n \rightarrow 2n$ folyamatot! (Liebowitz sohasem kapta vissza 2000 dollárját.)

Szilárd és Zinn, valamint Fermi és Anderson a hasadási neutronokról szóló közleményüket 1939. március 16-án elküldték a *Physical Review*-ba, a vezető amerikai tudományos folyóiratba azzal a kéréssel, hogy rögzítsék a beérkezés dátumát, de ne nyomtassák ki a tanulmányokat.

Szilárd Leó február 2-án levelet írt Párizsba Frederic Joliot-nak, ebben kifejezte azt a véleményét, hogy ha maghasadásban neutronok keletkeznének, akkor a nukleáris láncreakció lehetsége veszélyes tudássá válhatna egyes kormányok kezében, ezért Amerikában úgy döntöttek: visszatartják az ilyen eredmények nyilvánosságra hozatalát. Ehhez Szilárd a francia fizikusok véleményét és közreműködését kérte. Hasonló kéréssel fordult Wigner Jenő Nobel-díjas sógo-

rához, Paul A. M. Dirachoz, aki a legtekintélyesebb angol fizikus volt.

Március 8-án Frederic Joliot-nak Párizsban szintén sikerült észlelnie, hogy hasadáskor szabadul ki neutron. Erről szóló beszámolójukat publikálta a *Nature* angol folyóirat. Március 16-án Joliot és munkatársai úgy találták, hogy hasadásonként 4 neutron keletkezik, erről új cikket küldtek a *Nature*-be. De március 31-én egy távirat ment Princetontól Párizsba, azt kérve, hogy Joliot-ék ez utóbbi eredményüket ne publikálják. Frederic Joliot ambiciózus fiatalember volt, ezért is vette föl *felesége* jól hangzó nevét és lett Frederic Joliot-Curie. Április 6-án megérkezett a prioritást fontosabbnak érző francia fizikus választávirata:

A KÉRDÉST MEGFONTOLTUK, EREDMÉNYT KÖZZÉTÉSSZÜK.

ÜDVÖZLET JOLIOT

Ezáltal megtört a jég. 1939. április 15-én a *Physical Review* leközölte Anderson-Hanstein-Fermi cikkét, valamint

Szilárd-Zinn cikkét, mindkettőt március 16-i beérkezési dátummal: *Uránban maghasadásonként körülbelül 2 neutron keletkezik*. Április 22-én a *Nature* közölte Halban-Joliot-Kowarski cikket: *Hasadásonként 3-4 neutron keletkezik*. (Ténylegesen a kilépő neutronok számának átlaga 2 és 3 közt van.) E közleményeket olvasva G. P. Thomson javasolta az angol kormánynak, G. Joos javasolta a német kultuszminiszternek, P. Harteck és W. Groth javasolta a Német Haderőnek, hogy indítsák meg az atomfegyverekre irányuló kutatást. Később G. Flerov hasonló tartalmú levelet írt Sztálinnak. A versenyfutás elkezdődött.

Közeledett a nyár, élesedett a világpolitikai válság. Anderson, Fermi és Szilárd megtárgyalták a neutron-láncreakció megvalósításának lehetőségét. Mint Bohr és Wheeler megmutatta, a lassú neutronok a ritka és könnyű urán-izotópot (^{235}U) hasítják el nagy valószínűséggel. A maghasadásban

viszont gyors neutronok keletkeznek. A természetes urán 99,3 %-át kitevő nehéz urán-izotóp (^{238}U) viszont a gyors neutronokat legtöbbször anélkül nyeli el, hogy elhasadna. Lassú neutronokra viszont a ^{238}U nem reagál. (Ezt a tanulmányt a *Physical Review* 1939. szeptember 1-jei száma közölte. Ezen a napon tört ki a 2. világháború.) Szilárd Leó rámutatott a megoldásra: az uránt olyan kis sugarú golyókban kell az *atomreaktor*ba helyezni, hogy az urángolyókból a hasadáskor keletkező *gyors neutronok* ütközés (^{238}U -ban történő elnyelődés) nélkül kiszaladjanak. Az urángolyók közé viszont olyan anyagot kell tenni, ami a neutronokat többszörös ütközés során elnyelődés nélkül lelassítja, ez a *moderátor*. Az így keletkező *lassú neutronok* bolyongásuk során visszajuthatnak egy urántömbbe, ott a ^{238}U már nem kapja be őket, de a ^{235}U atommagok elnyelik, széthasadnak, és hasadásonként 2 vagy 3 gyors neutron

bocsátanak ki. Most ezek lassulnak le a moderátorban, több hasadást hozva létre, így a láncreakció lavinaszerűen kibontakozhat. Szilárd először vizet javasolt neutronlassító moderátorként. Egy beszélgetés során azonban a Csehszágából emigrált George Placzek fölhívta Szilárd figyelmét arra, hogy a víz hidrogénje maga is befoghat neutronokat, így a neutronsokszorozás elmarad. Placzek héliumot ajánlotta moderátornak. A hélium-gáznak viszont olyan kicsiny a sűrűsége, hogy a hatékony neutron-lassításhoz nagy térfogat volna szükséges. A nagyméretű atomreaktor kiterjedt felületén át viszont sok neutron kiszökne. Ezért Szilárd végül is grafit mellett döntött: az urángolyókat grafitba kell ágyazni. Az inhomogén urán-grafitreaktor tervével Fermihez sietett. Fermi utánaszámolt és arra a következtetésre jutott, hogy az urán-grafit keverék nem működne reaktorként. A nézetkülönbség oka hamar kiderült: Fer-

mi – a számítás leegyszerűsítésére – urán- és grafit-por homogén keverékét tétélezte föl, Szilárd terve pedig grafitömbök közé helyezett kis urángolyókat. Valóban: *neutron-láncreakció csak inhomogén atomreaktorban valósítható meg*. Például grafitban a gyors neutron sokszor ütközve lelassulhat, mielőtt újra urániumba kerülne. Júliusra tehát az atomreaktor ígéretes lehetőségnek tűnt. Szilárd Leó az *inhomogén atomreaktor* elvét prioritásának biztosítása érdekében később beküldte a *Physical Review*-ba, de tanulmánya titkos kezelését kérte. Enrico Fermi pedig fölkereste az Amerikai Admirálisítást, hogy támogatást kérjen a kísérleti atomreaktor megépítéséhez. Ott azonban nem bíztak az olasz Fermiben, egy ellenséges ország állampolgárában: a javaslatot elutasították.

A nyári vakációban Wigner Jenő meglátogatta Szilárd Leót New Yorkban, a Columbia Egyetemen. Amikor Wigner meghallotta és megértette az

urán-grafit-reaktor reális tervét, aggodalom fogta el. Arra a következtetésre jutottak, hogy figyelmeztetni kell Belgiumot, a világ legnagyobb uránexportőré, hogy a Belga-Kongóban bányászott uránt ne adják el a fenyegetően náci Németországnak. Szilárd is, Wigner is jó barátságban volt Einsteinnel. Wigner emlékezett, hogy a belga királynő korábban meghívta a híres Einsteint. Így azután 1939. július 16-án beültek Wigner autójába, hogy meglátogassák az Atlanti-óceán partján, Long Islanden nyaraló Einsteint, közbenjárását kérendő. Ott fél órán keresztül bolyongtak, végül egy hétéves fiút kérdeztek meg: – *Nem tudod, hol nyaral Einstein professzor?* – A diák ugyan nem ismerte a címben megadott utcát, de a nagy fizikusról tudott és odavezette őket.

A még Berlinben összebarátkozott három fizikus beszélgetése németül folyt. Mint Wigner elmondta a szerzőnek, Einstein nem volt otthon a mag-

fizikában, de 14 perc alatt megértette a dolgot. Lediktált egy levelet a belga királynőnek, amit Wigner kézírással lejegyzett. Elbúcsúztak egymástól. Otthon Wigner a német szöveget lefordította angolra, átadta Szilárdnak és Kaliforniába utazott nyaralni. Szilárd viszont újra gondolkodni kezdett: talán nem is olyan jó ötlet megírni Európába a nukleáris láncreakció ötletét, hiszen küszöbön állt az új világ-háború, és ki tudja, kinek a kezébe kerülhet a levél! Ezért megírta Wignernek, hogy nem küldi el a levelet Belgiumba, hanem jobb lesz az amerikai elnököt értesíteni, támogatását kérve a láncreakció megvalósításához. Szilárd július 19-én Einsteinnek is írt: – „Megfogalmaztam egy levelet, abban leírtam, miről kellene informálni Rooseveltnél elnököt. Meg szeretném kérni Teller Edét, hogy vigyen ki Önhöz. Nemcsak azért mennék Tellerrel, mert az ő tanácsa is hasznos lehet, hanem azt gondolom, Ön is élvezné, ha megismerkedhetne Tellerrel.”

Tellernek volt egy 1935-ös évjáratú Plymouth autója. És most hallgassuk meg, mit mondott erről Teller (1993-ban az Eötvös Egyetemen tartott előadásában):

– A maghasadás felfedezése után sokat beszéltek arról, hogy mi lehet e felfedezés következménye, és hogy érdemes ezen dolgozni. Az amerikaiak véleménye negatív volt. De szerencsére volt Amerikában egy magyar, Szilárd Leó, aki sokoldalú egyéniség volt. Még arra is képes volt, hogy megértesse az amerikaiakkal a nukleáris láncreakció fogalmát. Volt azonban valami, amit még Szilárd sem tudott: autót vezetni. 1939 nyarán én is a Columbia Egyetemen dolgoztam, ott, ahol Szilárd. Egyik nap Szilárd beállított hozzám és azt mondta: „Teller, kérem, vigyen ki autón Einstein-hez.” (Sohasem tegezett. Nagyon jó barátok voltunk, de sohasem voltam számára Ede vagy Edward, én neki mindig Teller maradtam.) Így augusztus 2-án kocsiba ülünk. Egyetlen problémánk volt, hogy Szilárd megint nem emlékezett, hogy hol nya-

ral Einstein. Kérdezősködtünk, de most senki nem tudott segíteni. Végül egy nyolcéves kisleányt kérdeztünk meg, akinek szép lófarok frizurája volt: „Tudod, azt az öreg bácsit keressük, akinek hosszú lobogó fehér haja van.” Erre a kisleány útbaigazított: „Ott lakik a második házban!” Amikor bementünk, Einstein kedvesen fogadott [fénykép]. Teával kínálta meg Szilárdot és – demokratikus ember lévén – a soffort is. Szilárd egy levelet húzott elő a zsebéből, ami Roosevelt elnöknek volt címezve. A levél így kezdődött [fakszimile]:

ELNÖK ÚR! ENRICO FERMI ÉS SZILÁRD LEÓ LEGÚJABB KUTATÁSAI, AMIKRŐL KÉZIRATBAN ÉRTESÜLTETEM, ENGEM ARRA A KÖVETKEZTETÉSRE VEZETTEK, HOGY AZ URÁN NEVŰ KÉMIAI ELEM A KÖZELJÖVŐBEN AZ ENERGIA ÚJ ÉS FONTOS FORRÁSÁVÁ TEHETŐ...

(A levél stílusa jobban emlékeztetett Szilárdra, mint Wignerre: sohasem fordult elő benne Wigner gyakori kifejezése: „Kérem szépen.”) Einstein lassan végigolvasta a

levelet és azt mondta: „Hát ez lesz az alkalom, hogy az ember közvetlenül használja az atomenergiát, nem csak közvetve azáltal, hogy a Nap termel atomenergiát és mi az onnan eredő napfényt hasznosítjuk.” Majd aláírta: „Albert Einstein.” Szilárd azonban nem adta postára a Roosevelt elnöknek címzett levelet, az nagy hiba lett volna. Akkor a levél egyik kisebb titkár kezén fennakadt volna, azt az Elnök sohasem látta volna. E helyett augusztus elején Szilárd barátjának, Alexander Sachs pénzügyi szakembernek adta a levelet, aki az Elnök személyes gazdasági tanácsadója volt. Sachs október 3-án adta Roosevelt kezébe a levelet. Soha jobbkor. Németország és a Szovjetunió épp elfoglalta és felosztotta Lengyelországot. Akkor már egy olyan okos ember, mint Roosevelt, tisztán láthatta, hogy nagy veszély alakult ki és az közelít Amerika küszöbéhez. Így azonnal intézkedett: írt az Amerikai Szabványügyi Hivatal elnökének: „Kérem, hívjon össze egy tanácskozást, amelyik e levél tartalmát részletesen megtárgyalja.”

Történészek vitatkoztak, ki fogalmazta Einstein történelemformáló levelét Roosevelt elnökhöz. Ma már a koronatanú eldöntötte a vitát. Janet Coatesworth kisasszony részfoglalkozású gépíró volt a Columbia Egyetemen. Szilárd őt kérte meg, hogy jöjjen el hozzá gépelni a King's Crown Hotelbe. Ott Szilárd izgatottan föl-alá járkált a szobában, miközben furcsa angol kiejtéssel levelet diktált „Franklin D. Rooseveltnek, az Egyesült Államok Elnökének.” Coatesworth kisasszony meglepődött. Amikor Szilárd egy „rendkívüli robbanóerejű bombáról” kezdett beszélni, a gépíró azt gondolta, egy bolonddal van dolga. Szilárd retorikája mind drámaibb lett. Végül ezzel az aláírással fejezte be: *„Tisztelő híve, Albert Einstein.”* Coatesworth kisasszony most már teljesen meg volt győződve, hogy Szilárd megőrült. Csak évekkel később tudatosult benne, hogy milyen történelmi esemény részese volt.

A Rooseveltt utasítására megalakult Uránium Bizottság ülését 1939. október 21-ére tűzték ki. Az Amerikai Szabványügyi Hivatal igazgatója meghívta a hadsereg, a haditengerészet és két állami tudományos intézet képviselőjét, valamint Enrico Fermi, Szilárd Leót, Teller Edét és Wigner Jenőt. Hallgassuk ismét Teller Ede beszámolóját:

– Fermi megüzente, hogy nem fog jönni, elvette kedvét az Admiralitásnál korábban elszenvedett visszautasítás. Tudták, hogy Fermi 1932 óta ismerem, engem küldtek, hogy mégis beszéljem rá Fermi a részvételre. De ő megint csak azt mondta, hogy nem jön, amit mondhatna, azt én is tudom. Így nemcsak Szilárd sofőrje voltam, hanem már Fermi küldönce is lettem. Fermi nevében elmondtam, hogy nagytisztaságú grafitra van szükségünk, ami nem olcsó. Így hát az első évre 6000 dollárt kértem. Az ülés után Szilárd majd megölt, amiért ilyen keveset mondtam. De a 6000 dollárt megígérték az atomenergia-program első évére.

Az Uránium Bizottság következő ülése 1940. április 27-én volt. Szilárd sürgette, hogy kísérletileg kell kipróbálni: grafit-tömbökből és urángolyók-ból elég sokat összehalmozva meg lehet-e valósítani az önfenntartó nukleáris láncreakciót, de nem sok történt ez ügyben. Júniusban újjászervezték a Bizottságot, beraktak öt amerikai fizikust. Viszont Fermi, Szilárdot, Tellert, Wignert, akik korábban tagjai voltak, éberségi okokra hivatkozva kihagyták. Hárman még nem voltak amerikai állampolgárok, Wigner állampolgársága is nagyon új keletű volt.

Európa pedig már lángokban állt. Szilárd nem nyugodhatott, újra megkérte Einsteint, hogy az ügy érdekében írjon az amerikai kormánynak. Maga is folyamodványt küldött. Egy Angliából érkezett tudóscsoport szintén az atombomba realitása mellett érvelt. De Amerika békésen szunynyadt, mert még nem volt hadviselő.

MÁSODIK TŰZGYÚJTÁS

1941. december 7-én, szombaton japán repülők támadást intéztek a Hawaii-szigeteknél, Pearl Harborban horgonyzó amerikai flotta ellen és a hadihajók egy részét megsemmisítették. Az Egyesült Államok háborúban lévőnek találta magát. Washington azonnal az *atombomba megépítését célzó totális erőfeszítés* mellett döntött.

Az első lépés nukleáris láncreakció megvalósíthatóságának tapasztalati megvizsgálása volt urán-fűtőelemes, grafit-moderátoros reaktorban. Nagytisztaságú grafitra volt szükség, hogy a szénben lévő szennyező atomok ne fálják fel a láncreakciót továbbvivő neutronokat. Az 1939 végén megszavazott és 1940 közepén kiutalt 6000 dollárt szupertiszta grafit vásárlására költötték. Szilárd személyesen beszél-

te meg a Union Carbon and Carbide Társasággal, hogy a grafit semmi szennyeződést nem tartalmazhat, mert idegen atomok elnyelnék a láncreakcióhoz oly szükséges neutronokat. (Mint később kiderült, a német atombomba-kutatás elakadásának egyik oka az IG Farben által nekik szállított grafit szennyezett, ezért neutronfogyasztó volta volt.) 1941 derekán a Columbia Egyetemen már megkezdődhetett az urán és grafit nukleáris tulajdonságainak kísérletes tanulmányozása. Szilárd Tellert is rábeszélte, hogy jöjjön New Yorkba. Szükség is volt rá, hogy közvetítsen az ideadúsan erőszakos (*Generális* becenévű) Szilárd Leó és a nyugodt tempójúán dolgozó (*Pápa* becenévű) Enrico Fermi között.

A japán támadás után Arthur Compton, az amerikai atomenergia-program igazgatója úgy döntött, hogy a reaktor-programnak „*Metallurgiai Laboratórium*” fedőnév alatt a Chicagói Egyetem-

re kell költöznie. A szupertitkos programban az urán mindig mint *csőötövet*, a hasadó ^{235}U izotóp mint *magnézium*, az uránból reaktorban előállítható és szintén hasadóképes plutónium mint *réz* szerepelt. 1942 tavaszán Compton Chicagóba hívta Fermi, továbbá Szilárdot, Tellert és Wignert is. Hármukat *magyar maffia* néven emlegették Chicagóban. A Szilárd által ajánlott urán-grafit-reaktor megépítésének a főnöke a Nobel-díjas Fermi volt. Zinn vezette a világ első atomreaktorának tényleges építését. Wigner pedig elméletileg analizálta a folyamatosan érkező közbeeső mérési eredményeket, hogy azokból előre következtessen a reaktor szükséges méretére és várható viselkedésére. Miközben Fermi és Zinn maguk is fűrészteltek a grafitot, cipelték az uránt, az ilyen kétkézi munkát Szilárd alacsonyrendűnek tekintette. Ő időnként felbukkanva aznap reggel támadt ötletei alapján adta a tanácsokat, hogyan lehet és kell a dolgot jobban csinálni.

A $2\text{ m} \cdot 2\text{ m} \cdot 4\text{ m}$ méretű, grafit-téglákból és uránlemezekből összerakott *atommáglya* a Chicagói Egyetem sportstadionjának lelátója alatt épült. A máglyarakás alatt egy rádium-be-
rillium összetételű neutronforrás volt. Folyamatosan mérték, miként változik a neutronok száma, amint a máglya egyre nagyobbra magasodott. Fermi 25 különböző urán-grafit-elrendezést próbált ki, a rajtuk elvégzett mérések eredményeiből Wigner következtetett arra, milyen lesz az a reaktor, amelyben a láncreakció már önmagát tartja fenn. Az első önfenntartó nukleáris láncreakció 1942. december 2-án valósult meg Chicagóban. Hallgassuk meg egy szemtanú, Wigner Jenő visszaemlékezését.

– A Stagg Field Stadion alatt egy nagy teremben álltam és Fermi-t figyeltem. Ezen a szerdán reggel 8.30 táján közel 50 ember gyűlt össze a $10\text{ m} \cdot 20\text{ m}$ méretű teremben. Középen egy nagy máglya volt, fekete grafit-téglákból és fagerendákból

építve. Alapja négyzetalakú volt, fölfele keskenyedett. Ebbe voltak beágyazva az urántömbök. Fermi neutronelnyelő kontrollrudakat szerelt a máglya fölé. Vészhelyzetre gondolva még egy „öngyilkos osztag” is állt a máglya tetején, hogy szükség esetén vödörökből neutron-elnyelő kadmium-só vizes oldatát zúdítsa a máglya-ba, a láncreakciót leállítandó. A komoly munka 9.45 körül indult. 11.30-ra már majdnem megvalósult az önfenntartó láncreakció, de a reaktorba beengedett kontrollrudak megállították azt. Fermi mindnyájunkat ebédelni küldött. 2.00-kor jöttünk vissza. A balkon egyik végén logarléccel a kezében állt Fermi két főmunkatársával, Zinnel és Andersonnal. Mellettük állt Compton, az atomenergia-program igazgatója. Mi, a többi negyvenen a balkon másik végén gyűltünk össze, köztünk volt régi barátom, Szilárd Leó is. Délután 3.30-kor a neutronok számának emelkedését figyelve Fermi kiadta az utasítást, hogy a kadmiummal borított kontrollrudat 25 cm-es lépésekben emeljék. A

neutronszámláló ketyegett: pit-a-pat, pit-a-pat, pit-a-pat. Mind jobban megközelítettük az önfenntartó neutron-láncreakciót. Amikor a kontrollrudat teljesen kihúzták, a számláló minden korábbinál szaporábban ketyegett, ekkor tudtuk: a nukleáris láncreakció megvalósult! Kiszabadítottuk és sikeresen ellenőrzésünk alatt tartottuk az atommag energiáját. Az emberek mosolyogtak, egy-két taps is elhangzott. De mintegy 30 percen keresztül főként figyeltünk. A jelenet egyáltalán nem volt teátrális. Fermi a reaktor működését alacsony szinten tartotta, ezért nem fenyegetett, hogy kárt tesz bennünk. De a reaktor itt volt előttünk és működött! Valamivel 4.00 óra előtt Fermi elrendelte a láncreakció megállítását. A kontrollrudakat beeresztették a máglyába, a reakció leállt. Mindnyájan azt vártuk, hogy a kísérlet sikerülni fog, és sikerült is. Elvégre amikor lovakat fognak egy kocsi elé és osztorral a lovak közé suhintanak, a lovak elindulnak, és elvárjuk, hogy a kocsi is elinduljon. Fermi megépítette ezt a kocsit, a

lovak közé suhintott, és a kocsi valóban elindult. Nemcsak ő lett volna képes megépíteni az atomreaktort, de talán csak ő tudta azt ilyen gyorsan realizálni.

– Ezt a pillanatot előre látva, tíz hónappal korábban Princetonban vettem egy üveg olasz vörösbort: chiantit és azt magammal hoztam Chicagóba. Azért vettem meg ilyen hamar, mert föltételeztem, hogy a háború meg fogja akadályozni az olasz bor behozatalát. A chianti-behozatal elakadását talán nehezebb volt előre látni, mint az atomreaktor működésének beindulását. De hát én egyszer már átéltem egy világháborút és tapasztaltam a luxuscikkek eltűnését a piacról. A chiantit egy barna papírzacskóban tartottam a hátam mögött. Most előhúztam a zacskóból, előreléptem és a palackot Ferminek adtam. Ő megköszönte, kihúzta a dugót és valakit papírpoharakért küldött. Megjöttek a poharak, mi megízleltük az édes chiantit. Milyen csodálatos finom örömet tud kelteni a jó vörösbort! Nyugodtan koccintottunk a siker tiszteletére és azt kívántuk,

hogy az atomenergia tegye az emberek életét boldogabbá, lecsökkentve káros előítéleteiket. Fermi ráírta nevét a chianti-címke tetejére. Ezután a palack körbejárt a teremben, és mindnyájan ráírtuk a nevünket. A történelmi eseményről nem készült feljegyzés. A chianti-címkén lévő névsor tette csak lehetővé, hogy utólag rekonstruálják: ki volt jelen az első atommáglya megindulásánál.

Innen tudjuk ma, hogy 38 amerikai volt jelen, egy olasz (Fermi), egy kanadai (Zinn) és két magyar (Szilárd és Wigner). [A reaktor indítását örököltette meg a könyvünk végén közölt amerikai rajz.] Megjegyzendő, hogy Szilárd Leó ekkor még magyar állampolgár volt, az amerikai állampolgárságot csak 1943-ban kapta meg, Wigner Jenő már 1937-ben. Compton közben a telefonhoz sietett, hogy fölhívja Washington-t. Bemondta a kódolt üzenetet:

AZ OLASZ KORMÁNYOS KIKÖTÖTT
AZ ÚJVILÁGBAN. A BENNSZÜLÖT-
TEK BARÁTSÁGOSAN FOGADTÁK.

Ahogy Wigner később summázta: – A fizika törvényei működtek. – A neutronos reaktor amerikai szabadalmát az 1944. december 19-én benyújtott folyamodvány alapján 2708656. szám alatt Enrico Fermi és Szilárd Leó kapta meg 1955. május 17-én [faksimile]. (Szilárd 750 000 dollárt kért az amerikai államtól szabadalma megvásárlásáért, de az állam csak 25 000 dollárt akart adni. Erre Leó méregbe gurult és egy 15 417 dollár 60 centre szóló számlát állított ki: ennyire taksálta megélhetési költségeit arra az időre vonatkozóan, amikor 1939-ben és 1940-ben állás és fizetés nélkül dolgozott a Columbia Egyetemen az atomreaktor tervein és előkészletein.)

Eisenhower elnök javaslatára az Egyesült Nemzetek Szövetsége létrehozta az ATOM A BÉKÉÉRT díjat, melynek összege túlszárnyalta a Nobel-díjét. Az első díjat 1957-ben Niels Bohr kapta az atom és atommag sikeres modelljének megalkotásáért. A második díjat 1958-ban Hevesy György

kapta a radioaktív nyomjelzés föltalálásáért. Az 1959-es díjat Szilárd Leó és Wigner Jenő nyerte el az atomreaktor megtervezéséért, az 1960-as díjat pedig Alvin Weinberg és Walter Zinn az atomreaktor megépítéséért. Egy amerikai, egy dán, egy kanadai és három magyar szerepel a dicsőséglistán. (Megjegyzendő, hogy Wigner Jenő tervezte az első vízhűtéses atomreaktort, tanítványa pedig, Alvin Weinberg az első vízzel moderált reaktort. Vízzel moderált, Vízzel hűtött, Energiatermelő Reaktor – VVER – működik ma Pakson és sokfelé a nagyvilágban.)

Az 1959-es és 1960-as díjat egyszerre vette át Szilárd, Wigner, Weinberg és Zinn. (Fermi már nem élt.) John F. Kennedy ezt írta Szilárdnak [fakszimile]:

– Hadd fejezzem ki örökömet, hogy az ATOM A BÉKÉÉRT díjat éppen Önnek adták. Ez az ország sokban az Ön adósa, nemcsak a tudományos eredményekért, hanem azért a nagy felelősségtudatért és képzelőerőért, amivel Ön a béke biztosításához hozzájárult.

A díjat átadó Manson Benedict fölidézte Compton telefonüzenetét, majd így folytatta:

AZ OLASZ KORMÁNYOS ÁLTAL HASZNÁLT HAJÓT EGY KANADAI HAJÓÁCS ÉPÍTETTE OLYAN RITKA ÉS DRÁGA ANYAGBÓL, AMIT EGY MAGYAR FÖLFEDEZŐ TALÁLT.

A hivatalos indoklás szerint az 1959-es és 1960-as díjat azért adták négyüknek, hogy „megtiszteljük azt a négy férfit, akik minden élő ember közül a legtöbbet tették a maghasadási reaktor kezdeményezéséért és tökéletessé tételéért. Minden eddig konstruált eszköz közül ez bizonyult legalkalmasabbnak arra, hogy gyakorlatilag hasznosítsa az atommag energiáját és radioizotópokat termeljen. Ha bölcsen fogjuk használni az atom eme ajándékait, az felbecsülhetetlen jótétemény lesz az emberiség számára.” – Személy szerint Szilárd Leó érdemét így fogalmazták meg:

– Az Ön tudományos kutatása és annak az emberiség javára történő alkalmazása iránt mutatott széles látókörű érdek-

lődésének köszönhető az Ön jelentős hozzájárulása az emberiség tudásra és békére irányuló törekvéséhez. A magreakciók területén végzett kutatásai vezették Önt annak előrelátására, hogy az atomon belül működő erőket fölhasználva gyakorlatban alkalmazható energiát nyerhetünk. Azokkal a munkatársakkal, akiket ma szintén kitüntettünk, Ön a gyakorlatban is megvalósította a kontrollált nukleáris láncreakciót. Ez két évtized alatt az atomfizika gyors fejlődését eredményezte. Az Ön lelkes odaadása fiatal tehetségeket vonzott erre az új tudományterületre, őket Ön oldotta be az itt föltáruló lehetőségek víziójával. Ön volt az, aki lankadatlanul munkálkodott azon, hogy minden nemzet polgárait ráébressze az atomenergia szociális és politikai következményeire is. Azt kívánjuk, hogy az ATOM A BÉKÉÉRT érem, amit ma Önnek átnyújtunk, minden ember számára szimbolizálja, hogy milyen fontosak az Ön egész emberiség javát szolgáló erőfeszítései.

HIROSIMA TRAGÉDIÁJA

1942. június 18-án az amerikai hadsereg vette át az atomenergia-program irányítását, ekkor kapta az a „*Manhattan Program*” fedőnevet. Parancsnoka a tábornokká előléptetett Lesley Groves lett, aki mérnöki vezetőképességét korábban a Pentagon (az amerikai hadügyminisztérium) építésének irányításával bizonyította. A chicagói atomreaktor sikere után közvetlen feladat lett atombomba gyártása.

Az egyik lehetőség az volt, hogy a hasadóképes könnyű ^{235}U izotópot, amely természetes uránban mindössze 0,7 %-ban van jelen, elkülönítsék a túlnyomórészt kitevő, valamivel nehezebb neutronfaló ^{238}U izotóptól. Ez műszakilag azért rendkívül nehéz feladat, mert a két urán-izotóp kémiaiilag teljesen egyformán viselkedik. Erre

több fizikai módszert próbáltak ki. Az (eredetileg Szilárd által kitalált és szabadalmaztatott) ciklotront megépítő és ezért kapott Nobel-díjával híressé lett Lawrence a két izotóp mágneses térben történő eltérülésének különbözőségét akarta kihasználni (kalutron, Kaliforniában), de ez nem bizonyult elég hatékonynak. Végezetül az Angliában (többek közt Kürti Miklós közreműködésével) kidolgozott diffúziós szeparálást valósították meg Oak Ridge-ben. (Lyukacsos rétegen a könnyebb izotóp gyorsabban diffundál át, mint a nehezebb.) De a ^{235}U atombombához szükséges 90%-nál nagyobb dúsítását a háború alatt csupán néhány kilogramm mennyiségben tudták megvalósítani, ami mindössze egy bombára volt elegendő. (1945-ben ezt a bombát dobták le Hirosimára.)

A másik ígéretesebb lehetőség az volt, hogy a reaktorban a ^{238}U izotóp neutronot fog be, ^{239}U izotóp keletkezik, ami radioaktív bomlással átalakul

egy transzurán elemmé, *neptúniummá*, az pedig önként továbbalakul egy másik transzurán elemmé, *plutóniummá*. (A Naprendszerben is az Uránusz után következik a Neptun, majd Plútó bolygó.) Louis Turner hívta föl a figyelmet arra, hogy a plutónium a ^{235}U -nál is jobb hasadóanyag. Plutónium-gyártás céljára 1943-ban Wigner Jenő tervei szerint az Egyesült Államok északnyugati szögletében, Hanfordban nagyteljesítményű vízhűtésű reaktorokat építettek, amelyek 1944-ben kezdtek működni. Az exponált uránrudakban keletkezett plutóniumot már kémiailag el lehetett különíteni. A folyamatos plutónium-szállítás 1945-ben indult meg. (1945-ben plutónium-bombát dobtak Nagaszakira.)

Oak Ridge-ben készült ^{235}U , Hanfordban készült plutónium, de ezekből hogy lehet atombombát szerkeszteni? Groves tábornok egy született amerikai fizikust szemelt ki ennek a feladatnak a megoldására: Robert Oppenhei-

mert. (Oppenheimer korábban nem tudott az atomreaktor-programról, a chicagói reaktor indításánál sem volt jelen.) Oppenheimer a szupertitikos atombomba-építő laboratórium színhelyéül az amerikai Vadnyugat egy mindentől távoli, de romantikus fekvésű helyét ajánlotta, Los Alamos, ahova ő nyaranta gyakran kirándult. Los Alamosban az atombomba megépítésére irányuló munka 1943 januárjában indult meg. A magyarok közül csak Teller Ede dolgozott itt, őt ekkor már a hidrogénbomba lehetősége izgatta. Átmeneti matematikai tanácsadóként Neumann János is járt Los Alamosban. (Wigner Jenő közben Oak Ridge-ben reaktorfejlesztésen dolgozott.) Szilárd Leó sohasem kapott engedélyt Los Alamos meglátogatására, mert Groves tábornok megbízhatatlannak tekintette: – *Kevés ellenség okozott nekünk annyi gondot, mint Szilárd.* – Hivatalosan javasolta „Mr. Szilárdnak, mint ellenséges állam polgárának a háború

tartamára vonatkozó internálását a háborús erőfeszítések érdekében” (1942). Alvin Weinberg így írta le Szilárd életmódját: – *Szilárd egy tudományos bögöly volt. Ez az amerikai kifejezés olyan emberre, aki körbejár és mindenütt galibát okoz.* – Mindez természetesen nem illett be Groves tábornok rendszerébe, ahol a fegyelem, titoktartás, megfigyelés, hírszerzés élvezett prioritást. Egy FBI titkosügynök így panaszkodott: – *A megfigyelt személy viselkedése kiszámíthatatlan. Ha például egy helyiségből több kijárat van, akkor előfordult, hogy a megfigyelt személy a legelőnytelenebb kijáratot használta, ezért minden kimenetet biztosítani kell, hogy ne vesszünk szem elől [fakszimile].*

A háború alatt az Egyesült Államok az ellenkező oldalon állt, mint Magyarország, de ez nem tartotta vissza az amerikai titkosszolgálatot attól, hogy Horthy Miklós rendőrségénél érdeklődjön Szilárd Leó magyarországi politikai múltja iránt. Ő valóban gyanúsan

viselkedett, mint azt a Szilárdot folyamatosan figyelő titkosrendőr például 1943. június 21-én jelentette: – „A megfigyelt személyt és Wignert láttam lépcsőn lejönni a második emeletről, átsétálni a Waldman Park Hotel előcsarnokán, ezután a megfigyelt személy és Wigner kiment a szállodából, egy tenispálya szélén leültek egy padra, levették zakójukat, felgyűrték ingük ujját és egy érthetetlen nyelven kezdtek beszélni.” – S. V. Constant vezérőrnagy már 1940-ben jelentette: – „Enrico Fermi kétségkívül fasiszta. Szilárd Leó zsidó származású menekült Magyarországról. Feltaláló és nagyon németbarát, mert többször kijelentette: azt hiszi, Németország fogja megnyerni a háborút. Ezt a személyt titkos munkára nem ajánljuk.”

A legenda szerint egy korai szuperitkos megbeszélésen történt, hogy Groves tábornok rövid időre a mellékhelyiségbe ment. Ekkor Szilárd Leó az ottmaradt tudósokhoz fordult:

– Talán egyszerűbb, ha most magyarul folytatjuk a tárgyalást.

Az atomenergia felszabadításán, a Metallurgiai Laboratóriumban és a Manhattan Programban főként Európából Hitler elől (az antiszemitizmus és a holocaust elől) emigrált fizikusok dolgoztak, mint Hans Bethe, Niels Bohr, Enrico Fermi, Neumann János, James Franck, Szilárd Leó, Teller Ede, Viktor Weisskopf, Wigner Jenő. Ők tudták, hogy a maghasadást Berlinben fedezték föl, ismerték a német fizika magas színvonalát, és attól tartottak, hogy a náci hadsereg megelőzi Amerikát az atombomba birtoklásában. Mint a Béke-Nobel-díjas, Los Alamosban dolgozott lengyel–angol fizikus, Joseph Rotblat mondotta: – Azért dolgoztunk az atombombán, hogy azt ne használják! – A fizikai Nobel-díjas Gábor Dénes, aki maga is Magyarországról, majd Németországból emigrált Angliába, később ezt írta (1964):

– A háború alatt nagy fizikusok, akik elsőrangú fontosságúnak tekintették, hogy megakadályozzák Németországot a hábo-

rú megnyerésében, tehetségüket és munkájukat Amerikának adták és kifejlesztették az atombombát. Ezenközben a nagy német fizikusok önkéntesen visszavonták tehetségüket és támogatásukat a német atombomba-programtól.

Az angol titkosszolgálat 1943-ban értesült, hogy a németek földadták az atombomba-programot. Ezt az információt azonban nem juttatták el Chicagóba és Los Alamosba a fizikusokhoz.

A német hadsereg 1945 májusában kapitulált, Hitler öngyilkos lett. A náci fenyegetés elmúlt, mielőtt az atombombákhoz szükséges mennyiségű tiszta ²³⁵U izotóp vagy plutónium összegyűlt volna. Az atombomba kipróbálását a Los Alamoshoz közeli Alamogordo sivatagban tervezték, azt az amerikai hadvezetés Japán ellen készült bevetni. Mint Oppenheimer tanúsította: – *Hihetetlen nyomás nehezedt ránk, hogy a kísérleti robbantást elvégezzük, mielőtt a győztes hatalmak vezetői Potsdamban találkoznak. Nem hi-*

szem, hogy a német fegyverletétel előtt bármikor is olyan intenzíven dolgoztunk volna, mint utána. – Hiszen az amerikaiak Japánt tekintették ősellenségnek: – *Emlékezz Pearl Harborra!* – A plutóniumbomba kísérleti robbantása Alamogordóban 1945. július 16-án sikerült.

Szilárd Leó a német vereség közeledtét látva már 1945 tavaszán, jóval a fegyverletétel előtt gondolkozni kezdett: – *Mi értelme van a bombafejlesztés folytatásának, és hogyan alkalmaznák az atombombát, ha az Japán legyőzése előtt elkészülne?* – Első memorandumát az atombomba bevezetésének szükségtelességéről Einstein ajánló sorai-val már 1945 márciusában postázta Roosevelt elnöknek. A beadvány egyik változatát Compton, a Metallurgiai Laboratórium vezetője is elolvasta és 1945. április 12-én ezt mondta: – *Remélem, ezt elküldi Roosevelt elnöknek, hogy ő is elolvassa.* – De Roosevelt meghalt. Truman lett az új elnök, aki csak

ezután értesült az atombomba-programról. A fizikusok megnyugtására Compton igazgató úr egy bizottságot hozott létre a Németországból emigrált Nobel-díjas James Franck vezetésével annak megvizsgálására, hogy kell-e katonailag használni az atombombát. A Franck-jelentés – amelynek szövegét Szilárd befolyásolta – 1945. június 11-én készült el és azt ajánlotta, hogy *ne vessék be* az atombombát Japán ellen, hanem *mutassák be* annak hatását a japán vezérkar előtt azzal a figyelmeztetéssel, hogy ha Japán nem szünteti meg a háborúskodást, akkor bevetik ellene a bombát. A memorandumot James Franck, D. J. Hughes, J. I. Nickson, E. Rabinowitch, G. E. Seaborg, J. C. Stern és Szilárd Leó írták alá. A Jelentést Compton hivatalosan elküldte Washingtonba, ott azonban a katonai vezetőség visszatartotta, így az sohasem került Truman elnök kezébe. Ezzel szemben négy másik fizikusból létrehoztak egy szűk körű ta-

nácsadó bizottságot (magyar természetesen nem volt köztük), amelyben – a többiek vonakodása ellenére – Oppenheimer keresztülvitte az atombomba figyelmeztetés nélküli bevetésének ajánlását.

Látva a hivatalos út hatástalanságát, Szilárd személyesen ment Washingtonba, hogy Truman elnökkel találkozzon, ámde sikertelenül. Ezután maga fogalmazott egy *Memorandum* ot és ezt atomfizikusok közt körözte aláírásra (többek között Wigner Jenő is aláírta):

– *Tudományos fölfedezések, amelyekről az amerikai népnek nincs tudomása, befolyásolhatják e nemzet jövőjét. Mi, aláíró fizikusok az atomenergia területén dolgoztunk. Eddig attól féltünk, hogy az Egyesült Államokat atombomba-támadás érheti, és azt gondoltuk, hogy ennek megelőzésére egyetlen lehetőség, hogy a támadót visszaretenti a nukleáris ellencsapástól való félelem. Mára Németország legyőzése elhárította ezt a fenyegetést. Úgy érezzük,*

hangoztatnunk kell, hogy nincs jogunk Japán ellen atomtámadást intézni, legalábbis addig nem, amíg részletesen nyilvánosságra nem hozzuk, milyen feltételeket rónánk ki Japánra, ha letenné a fegyvert. Atombombát sohasem szabad bevetni, mielőtt alaposan megfontolnák ennek erkölcsi felelősségét. Annak a nemzetnek, amely precedenst teremt azzal, hogy pusztításra alkalmazza a természet ezen most felszabadított erőit, viselnie kell a felelősséget, amiért egy elképzelhetetlen mértékű pusztítás előtt megnyitotta az ajtót. Ha megengedjük, hogy a háború után olyan helyzet alakuljon ki, amiben a versengő hatalmak ezen romboló eszközök ellenőrizetlen birtokosaivá válnak, akkor az Egyesült Államok és más nemzetek városait váratlan megsemmisülés folyamatos veszélye fogja fenyegetni. Ennek megakadályozása az Egyesült Államok szent kötelessége, hiszen ennek a nemzetnek adatott vezető szerep az atomenergia felszabadításában. Az ebből fakadó anyagi erőfölbblet az Egyesült Államokra az önkorlátozás kötelességét ró-

ja ki. Ha mi ezt a kötelezettséget megsérténénk, erkölcsi helyzetünk nemcsak a világ szemében rendülne meg, hanem saját szemünkben is. Sokkal nehezebbé tenné, hogy a pusztítás kiszabadított erőit újra kontroll alá vonjuk.

Ezt a szolgálati úton továbbított Memorandumot Groves tábornok július 25. és augusztus 1. között visszatartotta. Ekkor pedig Truman elnök már a győztesek Potsdami Konferenciáján tárgyalta, miután kiadta volt a parancsot az atombomba Japán ellen történő bevetésére. Szilárd az utolsó pillanatig nem adta föl: elhatározta, hogy nyilvánosságra hozza Memorandumát. Erre azt James S. Murray ezredes, a Manhattan Program biztonsági tisztje titkosította és fölhívta Szilárd figyelmét arra, hogy ilyen szöveg terjesztése a hadiüzemi fölöttesek véleménye szerint alkalmazási szerződésébe ütközhet. A beszélgetést lehallgató titkosügynök följegyzése szerint Szilárd így válaszolt Murray kapitánynak: –

Ez lehetséges. Megtenne nekem egy szívességet? Megmondaná nekik, hogy menjenek a pokolba?

Az atombomba élesben történő bevetése ellen folytatott tiltakozásai Szilárd Leót regények hőségé avatta. Így például a Nobel-díjas Pearl S. Buck *Hajnali parancs* (Command in the Morning) című regényében (1959, John Day Company, New York) *Szigony* nevű tudós szervez tiltakozást az atomtámadás ellen, „hiszen Japán már térdre kényszerült”. Ugyancsak Szilárd a központi pozitív hős Peter Wyden „Egy nappal Hiroshima előtt” (Day One) című kötetében (1984, Simon and Schuster, New York) és az abból készült filmben.

A japán császár megbízottat küldött Moszkvába, hogy az oroszokon keresztül kipuhatolja egy fegyverletétel lehetőségét. De az oroszok is részt kívántak Japán legyőzéséből, így ez a kezdeményezés elakadt. Igaz, az amerikai flotta lehallgatta és

megfejtette az ezzel kapcsolatos titkos japán rádióüzeneteket, de erről sem értesítették Truman elnököt.

1945. augusztus 6-án ²³⁵U töltésű uránbomba robbant Hiroshima belvárosa fölött. 1945. augusztus 9-én plutóniumbomba robbant Nagaszaki belvárosa fölött. 1945. augusztus 15-én a japán császár rádióbeszédben jelentette be Japán feltétel nélküli fegyverletételét. Teller Ede mondta erről már idézett budapesti előadásában:

– Azt hiszem, hogy nem volt szükség Hirosimára ledobni a bombát. Abban pedig biztos vagyok, hogy nem volt szükség a nagaszaki bomba ledobására. Ahogy múltak az évek, az emberek félni kezdtek. Hiszen Hiroshima után emberek milliárdjai álltak értetlenül az előtt, hogy mi történt. Kis félelemből egyre nagyobb félelem támadt: az emberek félni kezdtek az atomtól és sugárzástól. Pedig Rooseveltnél már a világgazdasági válság idején megmondta: „Semmitől sem kell félnünk, csak a félelemtől.”

Szilárd Leó augusztus 6-án ezt írta kedvesének, Trudi Weissnek:

– Az atombomba bevetése Japán ellen a történelem legnagyobb baklövése a következő évtized gyakorlati politikája szempontjából és ugyanakkor erkölcsi megítélésünk szempontjából is. – Az atomtámadás után Dwight Eisenhower tábornok, a Szövetséges Erők főparancsnoka (később amerikai elnök, az Atom a Békéért díj kezdeményezője) elmondta:

– Az atombomba ledobását azért elleztem, mert Japán már le volt verve, az atombomba bevetése nem volt indokolt. Az Egyesült Államok elkerülhette volna az emberek tömegpusztító fegyver alkalmazása ellen táplált ellenszenvét, mert erre nem volt szükség amerikai életek megmentése érdekében.

Az atombomba bevetésére Truman elnöknek volt szüksége, hogy javítsa tárgyalási pozícióját Sztálinnal szemben. Az atombomba tehát nem a 2. világháborút fejezte be, hanem Hirosi-

mával egy hidegháború kezdődött el. Az amerikai hegemonia nem tartott sokáig. 1946. december 25-én Obnyinszkban működni kezdett az első szovjet atomreaktor. 1949. augusztus 28-án kipróbálták az első szovjet atombombát. Megindult a Szilárd által előre látott nukleáris fegyverkezési verseny. A Chicagói Egyetemen 1946. július 16-án tartott nyilvános előadását Szilárd e szavakkal zárta:

– Egyik kémiai elemnek másikká történő mesterséges átalakítása az alkimisták beteljesületlen álma maradt. Maria Curie nem csinálta a rádiumot, csak kémiailag elkülönítette azt. Így Isten maradt a legelső és egyedül sikeres alkimista. De most az uránt átalakították plutóniummá, és a plutónium első alkalmazása egy bomba volt, ami lerombolt egy várost. A plutónium következő alkalmazása hasonló lehet. Az első sikeres alkimista kétségkívül Isten volt, de néha elgondolkozom, hogy nem az Ördög maga volt-e a második sikeres alkimista.

A háború után sorozatban érkeztek a kitüntetések a Manhattan Program munkatársaihoz is, de Szilárd Leó kitüntetésre történt fölterjesztését Groves tábornok megvétőzte. 1946-ban Szilárdot elbocsátották a Metallurgiai Laboratóriumból.



Szilárd Leót már a háború alatt az érdekelte, mi lesz a háború után. Ő nem az atombombán, hanem az atomreaktoron dolgozott. Már az Uránium Bizottság 1940. április 27-i ülésén ajánlotta, hogy a megépítendő atomreaktorokat hajók hajtására használják. Tőle származik a *tenyésztőreaktor* (breeder) elnevezés is. Ez olyan atomreaktor, amelyben a ritka ^{235}U izotóp hasadása neutronokat termel; ezen neutronok egy részét befogja a reaktorban túlsúlyban lévő ^{238}U , az így keletkezett instabil ^{239}U atommag spontán átalakulása ^{239}Pu izotópot termel, ami kiváló hasadóanyag és maga is hozzájárulhat a reaktor energiatermeléséhez.



Szilárd Leó, egy „különös kisfiú” (Budapest)

Albert Einstein történelmi levele Roosevelt elnökhöz

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Haezen Point
Ponsonby, Long Island
August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.


In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

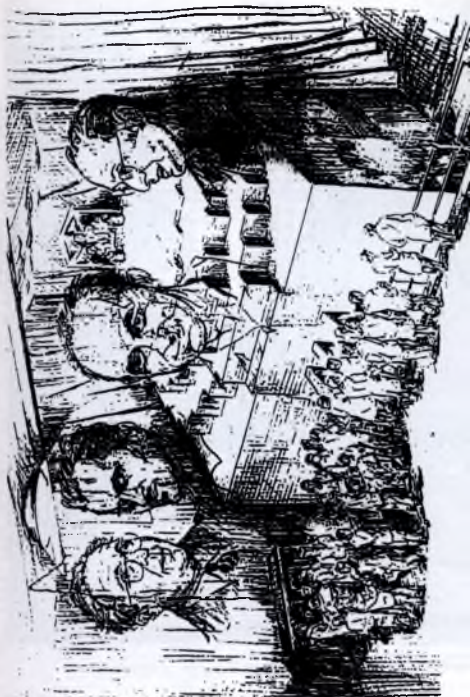
I understand that Germany has actually stepped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,


(Albert Einstein)



Albert Einstein és Szilárd Leó ír Roosevelt elnöknek
(Long Island, USA, 1939)



Az első atomreaktor indításáról készült rajz
(Szilárd Leó, Arthur Compton, Enrico Fermi, Wigner arca)



Tilos lámpa a Southampton Row-n (London)

United States Patent Office

2,708,656
Patented May 17, 1955

2,708,656

NUCLEAR REACTOR

Earles Fernal, Santa Fe, N. Mex., and Leo Safford, Chicago, Ill., assignors to the United States of America as represented by the United States Atomic Energy Commission

Application December 19, 1944, Serial No. 564,904

8 Claims. (Cl. 204-193)

The present invention relates to the general subject of nuclear fusion and particularly to the establishment of a self-sustaining neutron chain fission reaction in a system embodying uranium having a natural isotopic content.

Experiments by Hahn and Strassman, the results of which were published in January 1939, *Naturwissenschaften*, vol. 27, page 11, led to the conclusion that nuclear bombardment of natural uranium by slow neutrons causes explosion or fission of the nucleus, which splits into particles of smaller charge and mass, with energy being released in the process. Later it was found that neutrons were emitted during the process and that the fission was principally confined to the uranium isotope ^{235}U present as less part of the natural uranium.

When it became known that the isotope ^{235}U in natural uranium could be split or fissioned by bombardment with thermal neutrons, i. e., neutrons at or near thermal equilibrium with the surrounding medium, many predictions were made as to the possibility of obtaining a self-sustaining chain reaction system operating at high neutron densities. In such a system, the fission neutrons produced give rise to new fission neutrons in sufficiently large numbers to overcome the neutron losses in the system. Since the result of the fission of the uranium nucleus is the production of two lighter elements with great kinetic energy, plus approximately 2 fast neutrons on the average for each fission along with beta and gamma radiation, a large amount of power could be made available if a self-sustaining system could be built.

In order to attain such a self-sustaining chain reaction in a system of practical size, the ratio of the number of neutrons produced in one generation by the fissions, to the original number of neutrons initiating the fissions, must be known to be greater than unity after all neutron losses are deducted, and this ratio is, of course, dependent upon the values of the pertinent constants.

In the co-pending application of Enrico Fermi, Serial No. 534,125, filed May 4, 1944, and entitled "Nuclear Chain Reaction Systems," there is described and claimed a means and method of determining the neutron reproduction ratio for any type of uranium-containing structure, directly as a result of a simple measurement which can be performed with precision. Accurate values for all of the pertinent nuclear constants need not be known.

We have discovered certain essential principles required for the successful construction and operation of self-sustaining neutron chain reacting systems (known as neutronic reactors) with the production of power in the form of heat. These principles have been confirmed with the aid of measurements made in accordance with the means and method set forth in the above identified application, and neutronic reactors have been constructed and operated at various power outputs, in accordance with these principles, as will be more fully brought out hereinafter.

In a self-sustaining chain reaction of natural uranium with slow neutrons, as presently understood, reactions occur involving the isotopes ^{235}U and ^{238}U . Thus, ^{235}U

is converted by neutron capture to the isotope ^{236}U . The latter is converted by beta decay to ^{237}U and this ^{237}U in turn is converted by beta decay to ^{238}U . Other isotopes of ^{235}U and ^{238}U may be formed in small quantities. By slow or thermal neutron capture, ^{238}U , on the other hand, can undergo nuclear fission to release energy appearing as heat and gamma and beta radiation, together with the formation of fission fragments appearing as radioactive isotopes of elements of lower mass numbers.

and with the release of secondary neutrons. The secondary neutrons thus produced by the fissioning of the ^{238}U nuclei have a high average energy, and must be slowed down to thermal energies in order to be so conditions to cause new neutron fissions in other ^{238}U nuclei. This slowing down, or moderation of the neutron energy, is accomplished by passing the neutrons through a material where the neutrons are slowed by collision. Such a material is known as a moderator. While some of the secondary neutrons are absorbed by the uranium isotope ^{238}U leading to the production of element ^{239}U , and by other materials such as the moderator, enough neutrons can remain to sustain the chain reaction, when proper conditions are maintained.

Under these proper conditions, the chain reaction will supply not only the neutrons necessary for maintaining the neutronic reaction, but also will supply the neutrons for capture by the isotope ^{238}U leading to the production of ^{239}U , and excess neutrons for use as desired.

As ^{238}U is a transuranic element, it can be separated from the unconverted uranium by chemical methods, and as it is fissionable by slow neutrons in a manner similar to the isotope ^{235}U , it is valuable, for example, for enriching natural uranium for use in other chain reacting systems of smaller overall size. The fission fragments are also valuable as sources of radioactivity.

The ratio of the fast neutrons produced in one generation by the fissions to the original number of fast neutrons in a theoretical system of infinite size where there are no external loss of neutrons is called the reproduction ratio of multiplication factor or constant of the system, and is denoted by the symbol k . For any finite system, some neutrons will escape from the periphery of the system. Consequently a system of finite size may be said to have a k constant, even though the value thereof would only exist if there were no losses as built, were obtained, without change of geometry or materials. Thus when k is referred to herein as a constant of a system of practical size, it always refers to what would exist in the same type of system of infinite size. If k can be made sufficiently greater than unity in infinite size, it will also be greater than unity in finite size.

In the theoretical system of infinite size, and then an actual system is built to be sufficiently large so that this ratio is not entirely lost by leakage from the exterior surface of the system, then a self-sustaining chain reacting system of finite and practical size can be built to produce power and related by products by maintaining a system of natural uranium. The neutron reproduction ratio in a system of finite size therefore differs from k by the external leakage factor, and by a factor, and by a neutron absorption by localized neutron absorber, and the reproduction ratio will be sufficiently greater than unity to permit the neutron density to rise exponentially with time in the system as built.

Progressive empirical enlargement of any proposed system for which the factor k is not accurately known, as an attempt to attain the overall size of a structure of finite size above which the rate of loss of neutrons by diffusion through the periphery of the structure less than the rate of production of neutrons in the system, leads only to an expensive gamble with no assurance of success. The fact that k is greater than unity and the fact that the critical size is within practical limits must

Az atomreaktor amerikai szabadalma

FD-72
(3-9-59)

CHICAGO

[illegible]

JOHN F. KENNEDY
MASSACHUSETTS

COMMITTEES
Foreign Relations
Labor and Public Welfare
Joint Business Committee

May 27, 1960

Dr. Leo Szilard
Memorial Hospital
68th Street and York Avenue
New York, New York

Dear Dr. Szilard:

Many thanks for sending me the interesting advance draft of your forthcoming article for Look, "Has the Time Come to Abrogate War?". The time has certainly come to abrogate war, but this will never happen without inventive ideas and a clear vision of the goal. Your article and your other writings in the Bulletin of Atomic Scientists are making important contributions in supplying new ideas and better vision.

May I also say how happy I was to hear of the Atom
for Peace Award just presented to you. This country owes many
debts to you, not only for your scientific achievements but for
the great responsibility and imagination you have brought to the
problem of securing peace.

With every good wish, I am

Sincerely,

John F. Kennedy

FBI titkosrendőri jelentés Szilárdról (Chicago, 1954.)

JFK:glg

John F. Kennedy levele Szilárd Leóhoz



Szilárd Leó az I. Pugwash konferencián (Kanada, 1957)



Viktor Weiskopffal az I. Pugwash konferencián (1957)

HOTEL
DUPONT
PLAZA

DUPONT CIRCLE AND NEW HAMPSHIRE AVENUE N.W. WASHINGTON D. C.

March 27, 1963

HUdion 3:6000

Professor E.F. Wigner
Physics Department
Princeton University
Princeton, New Jersey

Dear Wigner:

The attached document was delivered to me last Saturday by hand. You may have seen the report in the newspapers about this amnesty. It is my guess that the Hungarian Ambassador in Washington played a major role in bringing it about; I had repeated conversations with him on the subject.

I have a standing invitation from the Hungarian Academy to come for a visit and heretofore explained to the Hungarian Ambassador my reluctance of accepting on the ground that in the absence of a general political amnesty, I didn't feel I ought to go. I have no plans at this time for visiting Hungary, but with my previous objection gone, I might now make such a visit if I can fit it in with all the other things I want to do. Do you see any serious contra-indications?

Yours,

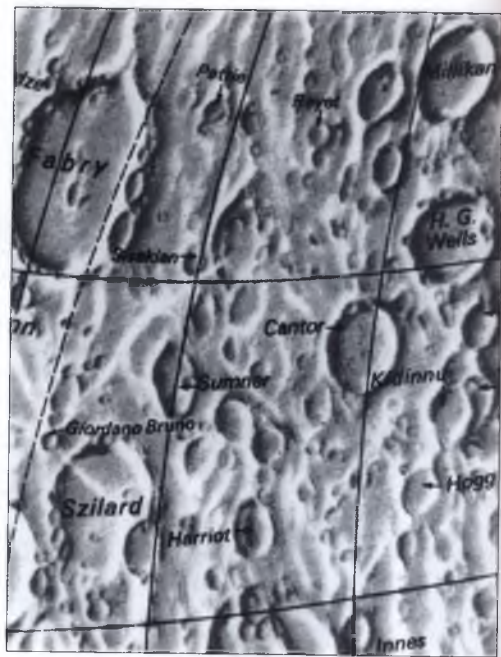
Leo Szilard
Leo Szilard

How was Vermont?

Szilárd levele Wignerhez, egy évvel halála előtt



Szilárd Leó (Kalifornia, 1960)



Szilárd és H. G. Wells kráterek a Holdon

Manapság még divatosabb gondolat, hogy a reaktort az uránnál sokkal nagyobb koncentrációban található tóriummal veszik körül. A ^{232}Th izotóp neutron befogva olyan instabil ^{233}Th magot képez, ami spontán ^{233}U izotóppá alakul, ez szintén kiváló (energia-termelésre hasznosítható) anyag.

A hirosimai bomba után egy hónappal Szilárd Leó magyarok társaságában volt New Yorkban Polányi Laura lakásán. Erre a költő Faludi György (maga is Szilárd rokona) így emlékezett vissza:

– Leót valamennyien az év hőségének tekintettük, akinek a kezdeményezése meg rövidítette a háborút. Ő azonban másról beszélt. Azt mondta, hogy az atomenergia jövője nem a politikusok, hanem a tudósok ügye. Ők rajta lesznek, hogy azt ne használják hadicélokra, hanem arra, hogy energiával lássák el a világot. E ponton nem tűrt ellentmondást. A jövőről ragyogó képet festett: *atomnapokat* állítanak majd fel Kanadában, Grönlandon,

Szibériában, és ott majd pálmafák nőnek, búza és banán terem. Egyedül Jászi Oszkár mert vitába szállni vele: Grönland elolvadt jegétől annyira megdagadna a tenger, hogy elöntené New Yorkot, Velen-cét, Rio de Janeirót. Szilárd nem válaszolt. Késő éjszaka gondolatokba merülve oszoltunk szét.

Amikor a hidegháború feszült pillanatai már-már nukleáris konfliktussal fenyegettek. Szilárd személyesen közvetített Kennedy elnök és Hruscsov első titkár között. A Washington-Moszkva forródrót Szilárd Leó személyes javaslatára és közvetítésével jött létre. John F. Kennedy elnök 1960. május 27-én levélben köszönte meg Szilárdnak „*azt a nagy felelősség-tudatot és képzelőerőt, amit a béke biztosítása érdekében tanúsított*”. – N. Sz. Hruscsov 1960. augusztus 30-án ezt írta Szilárdnak:

„Kedves Szilárd professzor úr! Megkaptam levelét és azt nagy érdeklődéssel olvastam. Méltányolom Önnek az Egye-

sült Államok és a Szovjetunió között a kölcsönös megértés és kapcsolat megjavítása érdekében kifejtett nemes erőfeszítéseit. Minél gyakrabban és minél szélesebb körben találkoznak egymással különböző országok tudományának, kultúrájának, közvéleményének képviselői, hogy megbeszéljék a nemzetközi problémákat és kifejezzék aggodalmukat a békét fenyegető tendenciákkal kapcsolatban, véleményem szerint annál nagyobb a remény, hogy siker fogja koronázni a teljes és egyetemes leszerelésért, a háborúnak az emberek életéből való kiküszöböléséért, a békés együttélésért folytatott harcot. Sikert kívánok Önnek fontos kezdeményezései véghezviteléhez.

Tisztelettel Nyikita Hruscsov.”

– *Ahogy ma látom, kutatónak születtem. Azt hiszem, a legtöbb gyerek kíváncsian kutakodó fejjel jön világra. Talán azért lettem tudós, mert valamilyen értelemben gyermek tudtam maradni.* – Szilárd Leó száz esztendeje, 1898. február 11-én született Budapesten, a tér és idő olyan tartományában, amely eszmék ütközőpontja, kultúrák olvasztótégelye volt. Stanislaw Ulam, a Manhattan Program matematikusa írta:

– *Budapest az I. világháborút megelőző két évtizedben kivételes tudományos tehetségek rendkívül termékeny táptalaja volt. Tudománytörténészek feladata, hogy fölfedezzék és megvizsgálják azokat a körülményeket, amelyek ennyi kiemelkedő egyént kibontakoztattak.*

Talán a válasz az, hogy Közép-Európa volt a 20. század első felében az

a táj, ahol a történelem történt. Itt világháborúk robbantak ki, „végső igazságok” váltották egymást szédítő forgatagban. Az I. világháború néhány éve alatt Magyarország átélte a hadüzenet és vereség, császárság és proletárdiktatúra, felvilágosodás és antiszemitizmus, ipari forradalom és országcsonkulás, parlamenti demokrácia és katonai megszállás viszontagságait. Micsoda egyedülálló történelmi alkalom potenciális lángelmék számára, hogy mások véleményének kritikai szemléletére és önálló véleményformálásra, ideológiák helyett a tények tiszteletére, hagyományok elfogadása helyett bontakozó történelmi tendenciák érzékeny fölismerésére nevelődjenek. Az I. világháború éveinek változékony intellektuális időjárása volt pesti diákok – Békésy György, Gábor Dénes, Wigner Jenő (leendő Nobel-díjasok), továbbá József Attila, Koestler Arthur, Neumann János, Teller Ede és Szilárd Leó – iskolája is.

Leó dédapja 1800 táján Nagyfalun (Árva megyében, a mai Szlovákiában), a Kárpátok közt pásztorkodott. 1810-ben ott született fia, Spitz Sámuel, aki feleségül vette a Tátrából jött Klopstock Leontint, és a Vág völgyébe költöztek. Sámuel bérelt földek művelésével kezdett foglalkozni, övé lett Végles vára. A felvonóhíddal büszkélkedő várban nevelték tíz leányukat és négy fiukat. Innen Körmöcbányára költöztek, ahol a papa különböző vállalkozásokba kezdett és bukott bele. Német anyanyelvű fia, Spitz Lajos (Leó papája) Körmöcbányán járt iskolába, ott tanult meg magyarul. Húszévesen, 1880-ban beiratkozott a budapesti Műegyetemre, a tandíját házi németórák adásával szerezte meg. A Műegyetemen híd- és vasútépítésre szakosodott. Egy intelligens pesti leányt vett feleségül, Vidor Teklát. A Városliget közelében laktak, ahol a magyar arisztokrácia villái keveredtek újjgazdag polgári vállalkozók házaival. A századvégen Budapest volt

Európa legdinamikusabban fejlődő városa: egyszerre volt feudális és felvilágosult, arisztokratikus és iparosodó. Ide született be Leó (Bajza-utca 28.). 1902-től itt élte le gyerekkorát (Városligeti fasor 33.), amire e házon emléktábla emlékeztet. 1900-ban Spitz Lajos (spitz: hegyes) nevét Szilárdra változtatta, így lett fia kétéves korában Szilárd Leó. (A négy fivér neve Salgó Arnold, Spitz Miksa, Szegő Adolf és Szilárd Lajos lett.)

Hároméves korában Leó számárköhögést kapott, ezért nagymamája hárjón többször kivitte jó levegőre, a Margit-szigetre. Mindenkinek föltűnt a kisgyerek csillapíthatatlan kíváncsisága: szüntelen kérdezett, nemcsak a nagymamát, de idegeneket is. Nyaralni a család a Wörthi-tóhoz ment Ausztriába. Csónakázás alkalmával kiszálláskor Tekla mama a vizes deszkán megcsúszott és a vízbe esett. Szerencsére Lajos papa egyik kezével a sivalkodó Leót fogta, másikkal Tekla

ruháját kapta el, így nem történt végzetes baj. Az ijedelemnek annyi következménye mégis lett, hogy Leó egész életében nem tanult meg úszni. (30 évvel később Leó szerelmével, Weiss Trudival vendégeskedett Kürti Miklósnál Oxfordban. A fiatalok kölcsönös vonzalmát látva Kürti felajánlotta nekik kajáját egy édes kettesben teendő kiruccanásra. Meglepte Leó heves tiltakozása a vízitúra ellen.)

Leó egyetlen kedvenc sportja a korcsolyázás volt a Városligeti tó jegén. Hatéves korában Andersen meséjét olvasta a Hókirálynőről, aki Kaynek ajándékozta a fél világot és ráadásul egy pár korcsolyát. Leó szerint – ez butaság, hiszen a világ felében biztosan van legalább egymillió korcsolya, akkor pedig minek adni még egy párat!? – Öccsének mesélte gyerekkoráról:

– Nehéz megmondani, honnan származik valakinek az értékrendje. Az enyémről elmondhatom, hogy azt édesanyám meséi oltották belém. Innen ered igazság iránti

szervenédélyem. Nagyon élénken emlékszem egy történetre [anyai] nagyapámról, ami mély benyomást tett rám. Vidor Zsigmond az 1848-as forradalom alatt volt diák [Debrecenben]. A magyar gimnáziumokban az volt a szokás, hogy a szünetben egy kijelölt diák felügyelt a rendre. Édesanyám története szerint épp Zsigmond volt az ügyeletes diák, amikor forradalmi katonasereg vonult el az iskola előtt. Egy csomó diák kiszaladt az utcára, hogy éljenezze a katonákat, köztük volt nagyapám is. Mire a tanár megérkezett, a diákok már újra az osztályban voltak, és Zsigmond jelentést tett. Felsorolta azon diákok nevét, akik engedély nélkül az utcára szaladtak, köztük saját maga nevét is. Ez az utóbbi őszinteség annyira meghatotta a tanárt, hogy senki sem kapott büntetést. – Szilárd Leó barátja, Korodi Albert mondta a szerzőnek:

– Lessing, német költő mondotta volt: „Ha valaki udvarias próbál lenni, gyakran hazudnia kell.” Hát Szilárd mindig inkább a becsületességét választotta.

Leó beceneve a családban Lajcsi volt. Amikor testvéreivel (Bélával és Rózsikával) meg rokon gyerekekkel játszottak, például babaházat építettek, Lajcsi a terveket szőtte, többiekre hagyva a kézimunkát. Viszont nagyon szeretett új társasjátékokat kitalálni vagy régi játékok szabályait megváltoztatni. Szülei büszkék voltak fiuk éles eszére. Amikor egy kérdésre nem tudta kitalálni a választ, ezt mondta:

– Ezt nem tudom kikaparni a hasamból!

Magánúton végezte az elemi. Az első osztályvizsgán az iskolában ezt a kérdést kapta: – Egy mama, akinek négy gyereke van, elmegy cipőt vásárolni nekik. Egy pár cipő ára 2 korona. Amikor fizetni akar, csak egy 10 koronás papírpénz van nála, amit átad a boltosnak. Ekkor mi történik? – A 7 éves Leó így válaszolt: – Még egy gyereket kell csinálnia!

12 évesen elvitte testvéreit a közeli Állatkertbe, hogy megnézzék az elefántot. Hirtelen támadt szél az elefánt kifutójába sodorta széles peremű la-

pos kalapiját [fénykép]. Leó esernyője kampójával érte el és húzta a kedvenc kalapot, az elefánt pedig ormányával. Végül az elefánt erősebbnek bizonyult: elfogyasztotta a divatos kalapot. Leó beletörődve mondta:

– A kalap holnapig úgysem jön elő az elefánt másik végén, menjünk hát haza.

Szilárd Béla szerint Leónak már fiatalkorában négy vezérlővel volt:

1. Másmilyen légy, mint a többi!
2. Gondolkozz! A részleteket másokra hagyhatod.
3. Légy tisztességes!
4. Ne a múlttal törődj, a jövőre összpontosíts!

Megragadta H. G. Wells regénye, az *Időgép*. Legnagyobb hatással Az ember tragédiája volt rá, ezt tízévesen olvasta. – Talán kicsit korán – mondta később. Madách Imre a 19. században írta a *Tragédiát*. Ekkor Kelvin a Napot forró gázgolyónak tekintette, élet-tartamát hőtani számítások alapján millió évre becsülte. (Még nem tud-

hatott a napfényt milliárd éveken át szolgáltató atomenergiáról.) Az utolsó fölvonásban a Nap már csak bágyadtan fénylik az égen, a fagyos Földön néhány ember küzd még az életben maradásért. Leó képzeletét megragadta a kihűlő Nap, megfagyó Föld jelenete, mélyen együttérzett az eszkimóval.

LUCIFER:

A Földön vagyunk. E vérgolyó Napod.

Lábunk alatt a Föld egyenlítője.

A tudomány nem győzött végzetén.

ADÁM:

Mi járjuk e végtelen hóvilágot,

hol a halál néz ránk üres szemekkel.

Szörnyű világ! Csupán meghalni jó.

Nem sajnálandom, amit itt hagyok.

ESZKIMÓ:

Többen tengődünk, mint mit ujjamon

számíthatok. Szomszédaimat, igaz,

agyonverém már mind, de hasztalan,

mindig kerülnek újak; s oly kevés

a foka-faj. Könyörgök, tegyed,

hogy kevesb ember legyen s foka több.

Talán innen eredt érdeklődése a hőtan iránt. Életrajzírója, William Lanouette ezt írja a gyermek Szilárd Lajcsiról:

– A gondolatokat éppolyan ellenállhatatlanul csábítóknak és kisértőnek találta, mint az édességeket. Mindkét szenvedély végigkísérte egész életén. De míg az ételek néha nem ízlettek, az ötletek mindig csemegének számítottak. Korai gyerekkorában fölfedezte, milyen élvezet új dolgokat kitalálni, akár nappal van, akár éjszaka. Csak le kell ülni és gondolkozni.

Szilárd Leó a VI. kerületi Kemény Zsigmond Reálgimnáziumba járt. A tanárok kissé bizonytalanok voltak Leó szellemi képességeit illetően, a szülők érdeklődésére csak ennyit mondtak: – Különös kisfiú.

Ennek az iskolának volt akkor a legjobb kísérleti felszerelése. A fizikatanár „demonstrátora” lett, ami több mozgásszabadságot adott neki és könnyebb hozzáfért az eszközökhöz. A bemutatót kísérleteket szerette – a szertárban

vagy otthon – személyesen megismételni. A 20. század elején új műszaki csoda terjedt el Budapesten: a villany. Ez elbűvölte Leót: 12 évesen Zemplén Győző egyetemi tankönyvét olvasta: „Az elektromosság elmélete és gyakorlata”, ami már az elektromágneses mező fogalmára alapoz (ebben megelőzve Eötvös Loránd gondolkodását). Leó megismételte a leírt kísérleteket. Kipróbálta a vízbontást, élvezte a fejlesztett durranógáz pukkanását. Amikor Budapest áttért a váltóáramra, Béla öccsével egyenáramú kísérleteihez áramforrást épített. Egyszer Rózsika diftériás lett, elkülönítették Leótól. Leó drótnélküli táviró-kapcsolatot épített ki testvérével házuk két távoli része között.

11 évesen tánciskolába küldték. Leó nem volt ügyetlen, de nem is lelkesedett különösen a lányokért – amíg Eppinger Alice-szal nem találkozott. Ő Szilárd Rózsika barátnője volt és különösen kivált a matematikában. Leó mondta:

– Érzelmemet is értelmem vezette.

Leó szépíráásban és szabadkézi rajzban nem jeleskedett [faksimile], de 18 évesen második díjat nyert az Eötvös Loránd Matematikai Tanulmányi Versenyen (Korodi Albert lett az első). A fizikai versenyen pedig első díjat nyert. (Jendrassik Andrással, a Ganz gyár későbbi igazgatójával közösen. Korodi Albert második lett.) 1916 szeptemberében mindhárman a budapesti Műgyetemre iratkoztak be, oda járt öccse, Szilárd Béla is. Az Andrássy úti földalattin és a Múzeum körúti villamoson mentek a Műgyetemre. Leónak a műszaki rajz sem volt erős oldala, ezt rendszerint Bélára hagyta. Most is kritikus volt:

– Érdemes volt ekkor fizikát tanulni Magyarországon, mert az egyetemi előadások olyan csapnivalóak voltak, hogy a hallgatóknak mindent önállóan kellett megkeresni és kitalálni, ez kibontakoztatta önállóságunkat. – Egyik életrajzírója meg is jegyezte: – Ezt a módszert más országban is kipróbálták, de érdekes, hogy csak Magyarországon vált be.

Ezek már az I. világháború évei. Leó azzal vigasztalta barátait, hogy nem kell félni a rájuk váró frontszolgálatról, mert a háború úgyis hamar véget ér: Ausztria, Németország és Oroszország császári hadseregei előbb-utóbb összeomlanak. Érdekes jövődőlés volt, hiszen Ausztria-Magyarország Németországgal együtt a front innenső oldalán állt, Oroszország pedig a túlsó oldalon. Még érdekesebb, hogy Leónak mégis igaza lett! Szilárdot az Osztrák-Magyar Hadmérnöki Akadémiára vezényelték Kufsteinbe. Amikor az összeomlást érezte közeledni, betegnek jelentette és Budapestre küldette magát. Ebből az időből egy barátja által átélt történet tett rá mély benyomást:

– *A Kárpátokban az orosz fronton állomásozott egy magyar csapat, hozzájuk csak kósza hírek jutottak el a fegyverszünetről. A rendes katonai hírforrásoktól el voltak vágva. Történt, hogy egy magyar járőr kilovagolt felderítésre és az erdőben*

egyszerre szembetalálkozott egy orosz járőrrel. A két vezénylő tiszt azonnal pisztolytáskájához nyúlt, így álltak mereven egymással szemben pár pillanatig. Ekkor az orosz tiszt elmosolyodott és tisztelegésre sapkájához emelte a jobbját. Barátom viszonzta a tisztelegést, és mindkét járőr visszafordította lovait. Barátom elmondta, még ma is szégyelli, hogy nem ő tisztelgett elsőként. – (Ezt a történetet Szilárd Leó példaként írta le Sztálinhoz intézett levelében a hidegháború idején, 1947-ben.)

Amikor a Habsburg császárság-királyság összeomlott, 1918 végén az Ősziprósás Forradalom kikiáltotta a független demokratikus Magyar Köztársaságot. Ezt azonban a nyugati hatalmak nem méltányolták, megindult a környező ellenséges seregek bevonulása Magyarországra. Gróf Károlyi Mihály köztársasági elnök lemondott, a megalakult kommunista Tanácsköztársaság az ország védelmére törekedve Vörös Hadsereget hozott létre.

Ezenközben Szilárd Leó – öccsével együtt – közgazdasági eszméit, pénz- és adóügyi reformját propagálta a Magyar Szocialista Hallgatók Szövetségében. Szinte olvashatatlan kézírással írt programját Bélának kellett legépelni, azt rózsaszín papírra nyomtatták ki. Üzenetének lényege ez volt:

– *A jövő legfontosabb sajátsága az, hogy alapvetően más, mint a múlt és a jelen.*

Amikor az idegen hadak nyomása alatt a Tanácsköztársaság összeomlott és román csapatok érkeztek, Szilárd Leó elment a Kálvin-téri templomba, hogy felvegye a református vallást. 1919 őszén jobboldali nemzeti kormány alakult. Amikor Béla öccsével újra bement a Műegyetemre, azzal fogadták: – *Nem jöhetsz ide, zsidó vagy!* – Hiába vették elő református keresztleveleket, a hallgatók nekiestek, megrugdosták, legurították őket a lépcsőn. Mindketten a kommunistagyanús egyetemi hallgatók listájára kerültek. Leó 1919. december 25-én ha-

jóra szállt, hogy elhagyja az országot. Még egyszer látta a Lánchidat, a Margitszigetet, azután Bécsben kiszállt, a berlini Műegyetemre utazott. Távozása véglegesnek bizonyult.

1920-ban James Franck (későbbi Nobel-díjas) ezt mondta Polányi Mihálynak: – *Egy Szilárd nevű furcsa fiatalember érkezett a berlini egyetemre.* – Az 1920-as években Berlin volt a fizika fővárosa. A Nobel-díjas Albert Einstein, Max von Laue, Max Planck, Walter Nernst kísértésének Szilárd Leó sem tudott ellenállni. Így végül is nem mérnöki, hanem fizikus tanulmányokat folytatott – a maga módján. Gábor Dénesnek mondta: – *Arra nincs szükségem, hogy matematikát tanuljak, hiszen bármikor megkérdezhetek egy matematikust!* – Amikor Max Planck, a kvantumelmélet Nobel-díjas atyja azt tanácsolta, hogy járjon el az elméleti fizikai előadásokra is, Szilárd ezt válaszolta:

– *Engem a tények érdekelnek. Hozzájuk inkább magam csinállok elméletet.*

ÉRTELEM VAGY ZÚRZAVAR?

A csészébe kitöltött forró tea kihűl asztalunkon. A kötélén lengő súly – hacsak időnként meg nem lökjük – előbb-utóbb megáll. Az óra lejár, ekkor fel kell húzni (vagy új elemet kell beletenni). A gyermek nő, majd a felnőtt öregszik. A jövő különbözik a múlttól, az időnek megfordíthatatlan iránya van. Az energia ugyan *megmarad* (ez a hőtan Első Főtétele), de fokozatosan szétszóródik a környezetbe, ezáltal *elértéktelenedik* (ez a hőtan Második Főtétele).

Múlt századok fizikája számára ez nehezen volt megérthető, hiszen Newton mechanikája vagy Maxwell elektromosságtana megengedné a folyamatok megfordítását: oda-vissza lefolyását, periodikus ismétlődését az időnek végtelenségig. De ez csak köze-

lítése a valóságnak: siklásunk jégpályán is lassul, ha lökésekkel nem segítjük azt, ezenközben elfáradunk, megéhezünk: ennivalóra van szükségünk, hogy pótoljuk a súrlódás során elvesztegetett energiánkat.

A természeti folyamatok megfordíthatatlanságát a 19/20. század fordulóján az osztrák Ludwig Boltzmann magyarázta meg a fizikusoknak. Környezetünk minden tárgya, saját testünk is nagyon-nagyon sok atomból–molekulából épül fel. Ezek a molekulák szüntelen mozgásban vannak. Előfordul, hogy nagyjából egy irányba haladnak, mint a jégen sikló korcsolyázó vagy az úton guruló labda esetében, de közben a tárgy és környezet molekulái ütköznek egymással, lökdöszik egymást, így egyenirányított energiájuk előbb-utóbb szétszóródik. *Egyirányú áramlás* statisztikai szükségszerűségéből előbb-utóbb *kaotikus kavargásba* torkollik: rendből a természeti folyamatok során rendetlenség támad.

Világunk sok-sok atomból tevődik össze, ebből következik az idő megfordíthatatlansága. Boltzmannnak ez a felismerése teljesen új nézőpontot hozott világképünkbe, mondhatjuk: sokkolta a tudósokat. Ezt érzékelve Berlinben egy fiatal egyetemi hallgató, Szilárd Leó arra beszélte rá Albert Einsteint (akit érdekelt a molekuláris zűrzavar, és aki éppen akkor kapott Nobel-díjat), hogy a tanrendben hirdessen meg a hallgatóknak egy szemináriumot statisztikus fizikából. Ennek a tudománytörténeti jelentőségű szemináriumnak olyan magyar résztvevői is voltak, mint Gábor Dénes, Korodi Albert, Neumann János, Wigner Jenő – és persze Szilárd Leó. Szemük előtt bontakozott ki ez az új tudományág, hogy majd a 20. század második felének uralkodó szemléletévé váljék.

Az egyetem elvégzése után Szilárd Leó fölkereste Max von Laue professzort, ajánljon témát doktori disszertációjához. A Nobel-díjas tudós a re-

lativitáselmélet köréből javasolt valamilyen problémát, amit Szilárd bonyolultnak és számára érdektelennek ítélt. Amikor 1921-ben elérkezett a karácsonyi szünet ideje, Leó pihenni készült:

– Azt gondoltam, hogy karácsony nem a munka, hanem a kalács ideje, ezért úgy döntöttem: azon gondolkozom, ami épp eszembe jut. Nemsokára olyan gondolatok támadtak bennem, amiknek semmi közük sem volt a relativitáselmülethez. Nagy sétákat tettem, séta közben ötleteim támadtak. Amikor hazaértem, leírtam azokat. Másnap reggel új ötlettel ébredtem, újra sétára indultam, az ötlet kikristályosodott a fejemben, otthon azután azt is leírtam. Ötletek özöne támadt rám, amik közt több-kevesebb kapcsolat is volt. Így tartott, amíg egy teljes elmélet bontakozott ki előttem. Nagyon alkotó időszak volt, talán a legkreatívabb periódus egész életemben. Három hét alatt megszületett egy dolgozat, ami teljesen eredetinek látszott. De nem mertem megmutatni Lauénak, mert

nem ez volt az, aminek a kidolgozását ajánlotta. De az egyik szeminárium után Einsteinhez léptem és arra kértem, hadd mondjam el, amit csináltam. Azt kérdezte: „Hát mit csinált?” Megmondtam neki. Einstein ezt válaszolta: „Ez lehetetlen! Ezt nem lehet megcsinálni.” Mire én: „Igen, de én mégis megcsináltam.” Einstein tovább kérdezett: „Hogyan?” Nem kellett neki több öt vagy tíz percnél, hogy megértse, és nagyon tetszett neki. Ez felbátorított, elvittem a kéziratom Laue professzornak, bevallva, hogy nem azt csináltam, amit ő javasolt, hanem valami mást. Furcsán nézett rám, de elvette a kéziratot. Másnap reggel csörgött a telefonom, Laue hívott. Azt mondta: „Kéziratát elfogadom doktori disszertációnak.” – (1925-ben Leó le is doktorált.)

Szilárdnak ez az 1925-ben megjelent tanulmánya a természetben előforduló hőmérséklet-ingadozásokkal foglalkozott. A hőtan Második Főtétele szerint semmikép nem lehet perpetuum mobilét, azaz energiapótlás nél-

kül örökké járó gépet szerkeszteni, tehát a természetben megfigyelhető spontán ingadozásokat sem lehet fölhasználni ilyenek üzemeltetésére. Ebből a tételből Szilárd a makroszkopikus termodinamika keretei közt levezette, hogy a hőingadozások képletében szükségképpen szerepel egy természeti állandó, amit ő – helyesen – a Boltzmann-állandóval, tehát az anyagot alkotó építőkövekre utaló számadattal azonosított. Mindehhez nem használta föl eleve az atomok létének hipotézisét! Ez a tanulmány olyan mély benyomást tett Einsteinre, hogy abból hosszú barátság fakadt, aminek – mint láttuk – történelmi következményei is lettek.

A 19. században James Clark Maxwell az elektromosság elméletének kidolgozásával kivívta magának a tudományos világ elismerését. Ő kétségbe vonta, hogy a hőtan Második Főtétele intelligens lény jelenlétében is érvényes. Elképzelt egy gáztartályt,

amelyet egy fal választ két félre. A válaszfalon kis kapu van, amelyet egy föltételezett intelligens lény kezel, aki látja a molekulákat: a jobbról érkező molekulák közül a *gyorsakat* átengedi, a lassúak előtt becsukja a kaput. A balról érkező molekulák közül a *lassúakat* engedi át, a gyorsak útját zárja el. Így bal oldalon gyors molekulák gyűlnek össze, jobb oldalon lassúak. A bal oldal gyorsabb molekuláinak bombázása jobb felé akarja eltolni a válaszfalat, minek a jobb oldal lassú molekulái aligha állhatnak ellent. A forró bal oldal és a lehűlt jobb oldal közt kialakított hőmérsékletkülönbség dugattyú eltolására, munkavégzésre, akár gőzgép hajtására is felhasználható lehet, így az intelligens Maxwell-démon megdöntheti a Második Főtétel érvényét. „*A jövő fölfedezése*” című tanulmányában Szilárd Leó kedvenc szerzője, H. G. Wells is azzal érvelt (*Nature*, 1902), hogy az emberiség a tudomány segítségével kikerülheti a világ-

mindenséget fenyegető hőhalált. Smoluchowski, a statisztikus fizika egyik előfutára mondotta:

– *Ma úgy tudjuk, hogy a molekulák fluktuáló mozgása ellenére nem lehet olyan gépet alkotni, amely a hőt teljesen munkává volna képes átalakítani. De egy intelligens lény által üzemeltetett szerkezet talán képes lehet erre.*

Szilárdot felizgatta a Maxwell-démon problémája. Talán legmélyebb (1922-ben írt, 1929-ben publikált) tanulmányában kimutatta, hogy a mérést végző, annak eredményére emlékező, tehát információt kezelő intelligencia sem vonhatja ki magát a természet törvényei alól. T (abszolút) hőmérsékletű környezetben kT átlagos energiával lökdösik egymást az atomok. Ebben a kaotikus zűrzavarban 1 bit információt (*igen vagy nem*) csak úgy tudunk biztonságosan megőrizni, hogy azt kT -nél magasabb energiaszintű polcra helyezzük. Szilárd Leó egyszerű memória-tároló gépet elképzelve ismerte föl, hogy

az információ megőrzése energiát igényel, az információ mozgatása energiát használ el, így végső soron *a gondolkodás is súrlódással jár*. A környezet jelenségeit az általunk kívánt irányba terelhetjük, lokálisan és átmenetileg teremthetünk rendet (ezt teszi az élet és a technika), de ennek az ára még nagyobb rendetlenség kialakulása máshol (az élet és a technika szükségszerűen tápanyagot–tüzelőanyagot fogyaszt és környezetet szennyez). Ez a fölismerés az *információelmélet* alaptézise lett. Szilárd Leó tanulmányának 60 év előtti megjelenését (1929) tekintik ma az információelmélet születése napjának. Innen eredeztethető Szilárd Leó élethosszan tartó érdeklődése a rend és rendetlenség, élet és halál konfliktusa iránt. Mint Karl Eckart megjegyezte:

– Szilárd ugyanúgy megszüntette az anyag és szellem ősi időkből származó szétválasztását, mint ahogy Einstein föloldotta a tömeg és energia – kevésbé ősi – megkülönböztetését.

Szilárd Leó Berlinben Laue professzornak lett a tanársegéde, ami több erkölcsi, mint anyagi elismerést jelentett. Mint azt Korodi Albert a szerzőnek elmesélte, ezért foglalkozott Szilárd találmányokkal. Leghíresebb ötlete az volt, hogy a hűtőszekrények tartósabban lennének forgó mechanikai alkatrészek nélkül, mert a pumpájuk forgás közben elkopik. Kitalálta a mágneses pumpát: csőbe zárt higanyon elektromos áramot vezet keresztbe. Ha erőlehetően mágneses térerősséget létesít, az áramra ható Lorentz-erő pumpálni fogja a higanyt forgó kerék nélkül is. Megkérte Korodi Albertet, akivel együtt nyerték meg Pesten az Eötvös-versenyt, hogy a mágneses pumpát tervezze meg műszakilag. Korodi mérnökhallgató volt Berlinben; megcsinálta a részletes terveket, elvégezte a számításokat és azt találta, hogy a mágneses pumpának nagyon alacsony a hatásfoka; ennek az az oka, hogy a higany elektromos vezetőképesége

sokkal kisebb, mint a rézé. Egy hét múlva Szilárd újra fölbukkant, azt javasolva, hogy higany helyett nátrium- és kálium-fémek elegyét használják, ami szobahőmérsékleten szintén folyékony vezető. Korodi gyakorlati számításai viszont arra vezettek, hogy ez a fémelegy erősen korrodál, megtámadja azokat a huzalokat, amelyek hozzávezetik a villanyáramot, a veszélyes fémelegy az így támadt résen át kiszökhet a környezetbe. Einsteinnel találkozáskor Szilárd elpanaszolta nehézségeit. Pár perc gondolkodás után Einstein azt ajánlotta, hogy az áramot a tartályba az olvadt elegy szintje fölött kialakított légterben vezessék be (és onnan ki), így a falon való átvezetés pontjai megóvhatók a korróziótól és a mágneses pumpa üzembiztosan működhet. Szilárd kérésére Einstein hozzájárult, hogy a szabadságot kettejük neve alatt jelentsék be – talán így akaráván segíteni Leót anyagi gondjain. Szilárd az *Allgemeine Elektrizitätsgesell-*

schaft vállalatot rábeszélte a prototípus megépítésére. (Itt dolgozott Gábor Dénes.) A vállalat megbízásából Korodi Albert megépítette a masinát; az valóban működött, de túl sokat fogyasztott, ezért az ilyen hűtőszekrény nem terjedt el.

(Forróvíz helyett folyékony nátriumot kerengető mágneses pumpát ma a gyorsneutronokkal működő atomreaktorok hűtésére alkalmaznak, mert azok vízforraló reaktorokénál nagyobb hőmérséklete jó hatásfokot biztosít a villanygenerátornak. – „Vadászat a Vörös Októberre” napjaink bestseller regénye-filmje volt, benne a szovjet szuper-tengeralattjáró hajtóműve alkalmazta a mágneses pumpát annak zajtalan – katonailag felderíthetetlen – működése miatt.)

A fizikus Szilárd figyelme a harmincas években Londonban ismét a jövő tudománya, a *biológia* felé fordult. Az élettan terelte érdeklődését a *radioaktivitás* irányába, mert az – mint

Hevesy György felismerte – a tápanyag útját követő nyomjelzőként tekintést ígért a biológiai folyamatokba. Mint Kürti Miklós elmondta, két kis táskával utazott. Egyikben pizzamája volt meg fehérneműi. A másikon pedig egy Geiger-féle sugárzásjelző és sok üres fém cigarettadoboz. Kürti egyszer észrevette, hogy a nemdohányzó Szilárd egy doboz cigarettát vásárol. A rákérdezésre ezt felelte: – *Ezekbe a vékony falú cigaretta-dobozokba jól tudok különböző anyagokat tenni, hogy azok neutronokra gyakorolt hatását tanulmányozzam.*

A Szent Bertalan Kórházban dolgozott T. A. Chalmerssel és Joseph Rotblattal. A kórház rádiumát felhasználva megalkották a rádium–berillium neutronforrást, amelyben a rádium α -sugárzása neutront vált ki: $\alpha + {}^9\text{Be} \rightarrow {}^{12}\text{C} + n$. A neutronokat biológiailag fontos szerepet játszó elemek atommagjaiba (például jód) löve előállítható azok radioaktív, tehát jól

nyomon követhető izotópja. De hogy különítsék el a radioizotópot a kémiaiilag ugyanúgy viselkedő, a kutatás szempontjából viszont haszontalan stabil jód-izotóptól? Szilárd rájött, hogy a neutron bekapott jód-atommag a befogáskor főlsszabaduló kötés energiától γ -sugárzás formájában szabadul meg. A γ -részecske kibocsátásakor az atommag visszalökődik, a visszalökés kiszakítja az atomot az őt fogva tartó molekulából, az így kiszabadított radioaktív jód-atomok már kémiaiilag elkülöníthetők a molekulákban kötve maradt stabil jód-atomoktól. (Szilárd–Chalmers-hatás.)

Leó épp a Szent Bertalan Kórházba tartott 1933. szeptember 11-én is, amikor Rutherford előző napi előadásán gondolkozva felélt benne a neutronláncreakció lehetősége. Szilárd már tudta, mi a náciizmus és antiszemizmus, tudta, hogy közeledik egy új világháború. Így – átmenetileg – föladata a biológiát és belépett a történelembe.

A 2. világháború után, a hirosimai és nagaszaki robbanás után ismét fölta-
madt Szilárd Leó biológia iránt mu-
tatott érdeklődése, amit az egy évtize-
des történelmi intermezzo megszakít-
tott. Ezt írta Niels Bohrnak (1950):

*– Elvileg meg kellene osztanom az idő-
met a közt, hogy kitaláljam: mi az élet, és
hogyan megőrizsem azt a világ számára.
Ahogy ma a világ kinéz, túl van azon,
hogyan meg lehessen menteni. Ez több időt
hagy nekem a biológiára.*

A 19. század klasszikus fizikája az
életet a fizikán kívüli, fizikától idegen
jelenségnek tekintette. Amikor a 20.
században megszületett a modern fi-
zika, ami a kémiai kötést is, a mole-
kuláris információátvitelt is, az idő-
irányt is megmagyarázta, gyökeresen
megváltozott a fizika és biológia vi-
szonya. Sok kiváló fizikus fordult a
biológia felé, köztük olyan Nobel-
díjasok, mint Békésy György, Niels
Bohr, Georges Charpak, Leon N. Co-
oper, Francis Crick, Max Delbrück,

D. A. Glaser, Brian D. Josephson, Er-
win Schrödinger, Francis Wilkins,
Wigner Jenő. A 20. század első felé-
ben Szilárd átélte, amint a modern
fizika a felszíni részletek analízise
helyett sikeresen lenyúlt az alapelvek-
hez; úgy érezte, hogy erre a század
második felében a modern biológia kí-
nál lehetőséget. Sok tapasztalat hal-
mozódott fel, kifinomultak a mérés-
technikák, így elérkezett a biológiai
alapelvek fölfedezésének ideje. A tőle
megszokott impulzív módon kijelen-
tette, hogy a biológia mint egzakt tu-
domány még nem is létezik, azt meg
kell alkotni. Fred Reines Nobel-díjas
fizikus elmondta a szerzőnek, hogy
amikor az általa vezetett kaliforniai
egyetemen modern biológia felé kí-
vánták irányítani a hallgatók figyel-
mét, Szilárd Leóhoz fordultak taná-
csért. Ő ezt ajánlotta:

*– A fiatal hallgatók először doktorálja-
nak le fizikából, utána majd megfelelő mó-
don lesznek képesek biológiát csinálni.*

A háború után Groves tábornok ki-
rakta Szilárdot a Metallurgiai Labora-
tóriumból, így a biofizika professzora
lett a Chicagói Egyetemen. Itt elsősor-
ban az időirány és evolúció kapcsola-
tának tisztázása érdekelte. A hõtan Második Fõtétele szerint nincsenek hibát-
lan másolatok: a gyermek különbözik
szüleitõl, a kettéosztódott baktérium
mindegyik egyede más lehet, mint az
eredeti õs. Az így kialakuló változatok
közül válogat a természet: annak ked-
vez, amelyik jobban illeszkedik adott
környezetéhez. Ezt a darwini gondola-
tot próbálta megragadni a modern fi-
zika eszközeivel Schrödinger és Del-
brück, Watson és Crick. Szilárdot is a
Második Fõtétel mûködése érdekelte.
Hogy a környezetek áttekinthetetlen
változatossága helyett tiszta körülmé-
nyeket teremtsen, tanítványával, Aaron
Novickkal megépítette a *kemosztátot*.
Ez egy zárt tartály, amelyben folyama-
tosan biztosíthatók a változatlan fizi-
kai-kémiai körülmények, egyforma

szinten tartva az élelmiszer és oxigén
mennyiségét, a baktérium-népeség sűrű-
ségét, így benne meghatározott kör-
nyezet teljes fizikai és kémiai kontrollja
alatt tanulmányozható a bakteriális
reprodukción, mutáción, szelekción és il-
leszkedésre, amik az *élet alappolyamatai*.
Ha valamelyik környezeti tényezõt is-
mert mértékben szándékosan megvál-
toztatjuk, ezáltal más tulajdonságú
egyedeknek adunk elõnyt. Így megfi-
gyelhetõ és mérhetõ, hogy az evolúción
milyen befolyással van a diverzitás,
a mutációkeltõ hatások intenzitása, a
környezeti (táplálékszerzési) lehetõsé-
gek változásának sebessége. A *News-
week* 1954. június 18-i száma így tudósí-
tott: – Egy jovialisan mosolygó kövérekés
fizikus kijelentette, hogy elõször sikerült
láthatóvá tennie az evolúciót. – Azóta ez a
technika nagyon elterjedt az egzakt
modern biológiában.

Sziporkázó ötleteinek végiggondolá-
sát Leó a biológiában is szívesen hagy-
ta másokra. A Nobel-díjas Jacques Mo-

nod mondta róla: – Szilárd oly bőkezűen bánik ötleteivel, mint egy maori törzsfőnök a feleségeivel: mindenkinek ingyen ajánl-gatja őket. – 1954-ben Monod előadást tartott arról, hogy az enzimek vissza-csatolás által szabályozzák a sejtműkö-dést. A megfigyelések szerint a bakté-riumok csak akkor termelnek laktozi-dázt, ha jelen van a megemésztendő laktóz (tejcukor). Ezt hallgatva Szilárd megjegyezte, hogy a negatív visszacsatolás (tiltás föloldása) gyakorlatilag hatékonynak szokott bizonyulni. Talán valami blokkolja a laktozidáz termelé-sét, de ha laktóz megjelenik, az *inakti-válja az inhibitort*, így az emésztőenzim termelése megindulhat. Szilárd ötlete nyomán Monod részleteiben tisztázta a sejtek enzimlefojtó mechanizmusát, amiért megkapta az élettani Nobel-dí-jat (1965). Nobel-előadásában ezeket mondta:

– Persze mint minden más diák, én is tanultam, hogy kétszeri tagadás pozitív állítást jelent. A „dupla blöff” logikai

lehetőségét meg is vitattuk az iskolában, felidézvén a póker-játék Edgar Allan Poe által adott analizisét. Ma már tisztán látom, hogy milyen vak voltam, amikor a biológiában nem vettem komolyan ezt a lehetőséget. Szilárd Leó – Párizson át-utaztában – egy szemináriumi előadáshoz hozzászólva proponálta azt. Amikor meg-kaptuk a kísérleti eredményeket, eleinte nem voltunk teljesen biztosak azok ér-telmezésében. De ma már látom, hogy mé-reseink megerősítik Szilárd mélyreható „dupla blöff” intuícióját: a szabályozás a tiltás feloldása által működik a sejtben is.

Szilárdot olyan kérdések is fog-lalkoztatták, mint a biokémiai pszi-choterápia, születésszabályozás, szü-lető fiúk és leányok aránya és a rák. Búcsúztatóként Monod ezt írta Szi-lárdról:

– Lelke mélyén mindig biológus volt. Bizonyítja ezt egyik legelső fontos tanul-mánya az értelem és káosz viszonyáról, meg az, hogy utolsó tanulmányának címe ez volt: „Emlékezet és visszaemlékezés.”

Késő évtizedeiben Szilárdot az idő megfordíthatatlanságának emberi megnyilvánulása: az öregedés folyamata foglalkoztatta (1959). Amikor a gyermek megszületik, génjeibe be van írva az élet receptje. Amint múlik fölötte az idő, szaporodó-pótlódó sejtjeiben – a hőtán Második Főtétele értelmében – egyre több másolási hiba szaporodik föl, de már születéskor sem hibátlanul precíz a szülőktől átvett génállomány. Szilárd Leó bevezette az *öregedési találatok* fogalmát. Szerinte a megengedhető kromoszóma-defektusok száma már születéskor meghatározza a várható emberi életkort. Akik kevés defektust örökölnek, és akiket ritkán támad meg új defektus, azok tovább élnek. A kemosztát Szilárd számára azt is lehetővé tette, hogy kísérletileg tanulmányozza baktériumpopulációk öregedési folyamatát.

A defektusgyarapodás elképzelt szabályozhatósága ihlette Szilárdot a *Mark Gable Alapítvány* meséjének meg-

írására. A molekuláris zaj mélyhűtéssel csökkenthető. Ha valakit gyógyíthatatlan kór támad meg, mélyhűtéses álomba merülve fékezheti a betegség és öregedés folyamatát. Innen időnként fölmelegítve-fölébresztve tanúja lehet gyermeke növekedésének, felnőtté válásának, unokái megszületésének. Mélyhűtve akár azt is kívárhhatja, míg betegségére az orvostudomány megalakítja a gyógyszert. Szilárd egyszer – a hidegháború nukleáris konfliktussal fenyegető tetőpontján – mondta Schrödingernek:

– Jó volna tudni, hogy ezen a bolygón elég hosszan fennmarad-e az élet ahhoz, hogy kideríthessük: voltaképp mi az élet?

– *A gyökerek fontosabbak, mint a szárnyak, de ha nem verhetek gyökeret, szárnyakat fogok használni* – vallotta magáról Szilárd Leó. Kóbor lovagnak tekintette magát, aki körbejárja a világot, hogy szóljon és cselekedjen minden igaz ügy érdekében. Gábor Dénes (aki később Nobel-díjat kapott) így emlékezett vissza a berlini évekre:

– Szilárd alig tette be a lábát laboratóriumba. Inkább a kertben kiült egy karosszékbe – gondolkozni. Fő aktivitása az volt, hogy barátainak beszélt. Felhívta őket, kávéházban találkozott velük. Mindenkit ismert, mindenkinek szívesen adott tanácsot, fizikusoknak és biológusoknak egyaránt. Leó mindent meg akart beszélni, gondolatait inkább szóban adta tovább, mint írásban.

Berlinben élvezte a találkozásokat kiemelkedő képességű emberekkel,

különösen azokat a zsúrokat kedvelte, amelyeket egy okos fiatal leány, Striker Éva rendezett, aki Polányi Mihály unokahúga és Koestler Arthur barát-nője volt. Ezeken a „magyar zsúrokon” találkozott Lev Landauval, Erwin Schrödingerrel, Viktor Weisskopf-fal és a modern kor más kiemelkedő egyéniségeivel. Nem volt saját lakása, szinte mindig szállodákban lakott.

– Reggel 9 óra körül bementem a fürdőszobába. A fürdőkádnál nincs jobb hely a gondolkodásra. Leszappanozom magam és gondolkodni kezdek. 12 óra tájt be szokott kopogni a szobalány: „Jól van, uram?” Ekkor rendszerint kibújok a kádból, fölöltözöm, és lediktálok néhány levelet meg beadványt. – Ideái szállodákban születtek, ami ezeket történelmi jelentőségű helyekké avatta:

Harnack Haus, a Fakultás Klub Berlinben,

Hotel Regina, Roosevelt Platz, a Votkirche mögött, Bécsben,

Hotel Imperial, Russel Square, Londonban (1933),
 Strand Palace Hotel a Trafalgar-térenél
 Londonban (1934),
 King's Crown Hotel, 420 West 116th
 Street, New Yorkban,
 Quadrangle Faculty Club a chicagói
 egyetemen,
 Hotel La Valencia, La Jolla, Kaliforniában
 és mindenekelőtt a Dupont Plaza Hotel,
 Dupont Circle, Washingtonban. Az utóbbiból tárgyalt politikusokkal, szenátorokkal, államtitkárokkal, elnökökkel. E szálloda előcsarnokában fel-
 emelt helyzetű karosszéken ülve fogadta azokat, akik eljöttek, hogy bölcsességeit meghallgassák. Ma a hotel bejáratánál emléktábla hirdeti:

E SZÁLLODA LOBBYJÁBÓL LOBBIZOTT SZILÁRD LEÓ, A FIZIKUS, BIOLOGUS, BÉKECSINÁLÓ A KONGRESSZUSBAN ÉS A KORMÁNYNÁL A TUDOMÁNY ÉS A LEFEGYVERZÉS ÉRDEKÉBEN. ITT VOLT AZ „IRODÁJA”.

AZT MONDTA: „NAGYON BOLDOGAN TUDOK DOLGOZNI EBBEN A LOBBYBAN. SOHA NEM VOLT HÁZTULAJDONOM, NEM IS ÉRZEM ANNAK SZÜKSÉGÉT, HOGY SAJÁT HÁZAM LEGYEN.”

Barátja, Wigner Jenő így jellemezte őt:

– Szilárd nem érezte magát teljesen otthonosan az elméleti fizikában, mert matematikai jártassága nem versenyezhetett berlini kollégáival. – Más alkalommal viszont ezt mondta: – Hosszú életem során sok tehetséges emberrel találkozhattam, de soha nem találkoztam olyannal, aki képzeletdúsabb lett volna Leónál. Senkinek sem volt ilyen mértékben független a gondolkodása és véleménye. – Halkan még hozzátette: – Ezt a kijelentésemet talán még jobban méltányolják, ha meggondolják, hogy Einsteint is jól ismertem.

A mágneses hűtőszekrény Einstein–Szilárd-szabadalmán (1925) kívül Szilárd nevéhez fűződik a ciklotron-gyorsítás szabadalma (1929, a No-

bel-díjat a ciklotront később megépítő Lawrence kapta meg), a neutron-láncreakció szabadalma (1934), mikrofilm-könyvtár ötlete (1934), a radioaktív sugárzást fertőtlenítésre-tartósításra alkalmazó szabadalom (1938), baktériumtenyészeteket kontrollált viszonyok közt tartó kemosztát szabadalma (1951), nők menstruációs ciklusát mutató családtervező óra szabadalma (1951), elsősorban pedig az atomreaktor Fermi-Szilárd-szabadalma (1955), hogy csak néhányat említsünk. Elsőként foglalkozott a lineáris gyorsító gondolatával is. Bruno Pontecorvo ezt mondta róla a szerzőnek: – *Inkább föltaláló volt, mint fizikus.* – Gábor Dénes, a holográfia föltalálója mondta: – *Ha Szilárd Leó minden szabadalmát a gyakorlati megvalósításig elvitte volna, ma a 20. század Edinsonjaként tartanók őt számon.* – A Nobel-díjas James Franck ezt ajánlotta: – *Tartsuk Szilárdot mélyhűtve, és mindig akkor húzzuk elő, amikor egy új ötletre van szükségünk.* – Einstein meg

is kérdezte tőle: – *Miért nem vállalsz inkább állást a Szabadalmi Hivatalban?* Az inkább volna neked való; nem kellesz, amikor egy kutatótól azt várják el, hogy egymás után sorozatban tojja az aranytojásokat. Az én életemben is a Szabadalmi Hivatalban eltöltött idő volt a legboldogabb. – Amerikában a Feltalálók Dicsőségcsarnoka (Akron, Ohio) emlékművel tiszteleg az atomreaktor feltalálója előtt, amit öccsének, Szilárd Bélának fia, John Silard avatott föl. De Szilárdnak soha nem volt elég kitartó türelme ahhoz, hogy gyakorlatilag hasznosítsa ötleteit, ha erre nem volt eléggé motiválva – politikailag.

– Gyermekkoromban két dolog érdekelt csupán: a fizika és politika, de azt sohasem hittem volna, hogy ez a két terület valaha is találkozik. Valószínűleg politikai szimatomnak köszönhetem, hogy életben maradtam.

Magyarországot 1919 végén hagyta el, hogy elkerülje a katonai tisztogatást és antiszemitizmust. Az 1920-as

években Berlinben egy Szövetséget kezdett szervezni, „hogy a Bund készen álljon a hatalmi funkciók átvételére, ha Németországban összeomlana a parlamenti demokrácia.” Szobájában két börröndje mindig be volt pakolva, kulcsuk a zárban, hogy szükség esetén „csak el kelljen fordítani a kulcsokat a zárban, és már is indulhatok, ha a dolgok rosszra fordulnának.” 1933 januárjában Hitler átvette a hatalmat. A Reichstagot február 27-én fölgyújtották, hogy az ürügyül szolgáljon a kommunisták és zsidók üldözésére. Március 31-én Szilárd két börröndjével fölszállt a Bécsbe tartó vonatra. Egy nappal később, április 1-jén Hitler elrendelte a német határok lezárását az országból menekülni próbáló zsidók előtt.

– Nem kell feltétlenül okosabbnak lennünk másoknál. Elég, ha egy nappal járnunk előttük – mondotta. Leó jól érezte magát Bécsben, de ott sem volt nyugta. Megjósolta, hogy Hitler öt éven belül megszállja Ausztriát. Angliá-

ba 1933-ban érkezett meg, Ausztriának Németországhoz csatolása 1938-ban következett be. Londonban ezt mondta barátjának, Polányi Mihálynak: – Egy évvel azelőtt Amerikába megyek, mielőtt Európában kitörne a háború. – 1938-ban szállt az Amerikába tartó hajóra, a 2. világháború 1939-ben tört ki. E háború után, 1947-ben levélben figyelmeztette Sztálint: – Csak idő kérdése, és a Balkánon a béke néhány jugoszláv tábornok önkényén vagy a Földközi-tengeren néhány amerikai admirális viselkedésén fog múlni, akik szándékosan vagy felületességből olyan incidenst idézhetnek elő, amely háborút robbant ki. – Az 1990-es években Boszniában – három haza és három vallás nevében – több embert öltek meg, mint ahány áldozata a hirosimai és nagaszaki bombának volt. Ben Liebovitz mondta:

– Szilárd a legjobb jósnak bizonyult: jobban előrelátta az eseményeket, mint bárki más.

Pedig a fölsorolt előérzetek még csak azt szolgálták, hogy Szilárd Leó túlélje az európai történelmet. Igazi nagysága abban volt, ahogy előrelátta – és irányította – a világ történelmét. Amerika jobb vevőnek bizonyult a szokatlan gondolatokra, mint Európa. Lewis L. Strauss üzletember adott pénzt a neutron-láncreakció előkísérleteire. Szilárd bebizonyította, hogy a maghasadásban új neutronok keletkeznek, tehát a nukleáris láncreakció megvalósítható. Régi barátján, Einsteinen keresztül sikerült meggyőznie Rooseveltnél az elnököt a nukleáris láncreakció katonai-politikai jelentőségéről. De innen még hosszú volt az út (három év) a chicagói reaktor megindulásáig, és még hosszabbnak tűnik az út a nukleáris lefegyverzés megvalósulásáig. Hans Bethe, a Nap nukleáris energiaforrásának Nobel-díjjal elismert megmagyarázója mondta:

– Szilárd Leó összetett személyiség volt, az egyik legintelligensebb ember, aki

vel valaha is találkoztam. Agya gyorsan és mélyen járt. Olyan gondolatokat vetett föl, amelyek valódi értelmét és mélységét legtöbbünk csak órák múltán fogta fel.

– Abban az időben a kvantumelméletben sok szó esett részecskék megsemmisüléséről és máshol bekövetkező keltéséről. Úgy tűnt, hogy Szilárd Leó ennek élő bizonyítéka. Meggyőződésünk volt, hogy Szilárd képes rá, hogy egyszerre két helyen legyen: megszűnjön az egyik helyen és egyidejűleg materializálódva testet öltson egy másik távoli helyen.

Szilárd így írt saját szerepéről: – Egyes emberek – magamat is beleértve – két világban élnek. Az egyik a tudomány világa, amelyben meg tudjuk jósolni, hogy mi fog történni. A másik világban azonban megpróbáljuk elfelejteni ezeket a jóslatokat és annak valóra váltásán dolgozunk, hogy az történjék, amit mi akarunk.

Szilárdnak mégsem sikerült minden. Nem tudta megvalósítani a nukleáris láncreakció titokban tartását. A náci Németország összeomlása után

nem tudta megakadályozni az atom-bomba bevetését. A 2. világháború után nem volt képes megállítani a nukleáris fegyverkezési versenyt. A *New York Post*nak 1945. november 24-én adott interjújában *Az ember tragédiája* eszkimójelenetét idézte, utána hangsúlyozta: mindig – még Hiroshima után is – kell maradnia egy csöpp reménynek, hogy cselekvésre ösztökéljen.

Különös életvitele és másokénál messzebb tekintő gondolkodása szükségyszerűen összeütközött a katonai titkosszolgálatok konzervativizmusával. A katonai titkosszolgálat 1943. június 24-én például ezt jelentette:

„A jelentések szerint a megfigyelt személy zsidó származású, kedveli az édeséget, gyakran vásárol cukrászdákban. Gyorsbüfékben szokott reggelizni, vendéglőkben ebédel. Sokat jár gyalog, ha nem talál taxit. Borbély borotválja. Néha valamilyen idegen nyelven beszél, gyakran találkozik zsidó származású személyekkel. Szórakozott, excentrikus egyéniség, ki-

megy a kapun, majd megfordul és újra visszajön. Kabát és kalap nélkül lép ki az utcára, gyakran néz előre és hátra, jobbra és balra az utcán, mintha figyelne valakit, vagy mintha nem volna biztos benne, hová is akar menni.” – Pedig a világ volt, ami nem tudta, merre sodorja a történelem.

Szilárd Leó nemcsak Roosevelttel, Truman, Eisenhower, Kennedy amerikai elnököket próbálta befolyásolni, hanem Hruscsov szovjet első titkárral is személyesen találkozott annak amerikai látogatása alkalmából, 1960. szeptember 26-án. A 15 percre tervezett beszélgetés két órán át tartott. Ez alkalommal Szilárd egy Schick borotvakészletet adott Hruscsovnak, megígérve, hogy folyamatosan ellátja borotvapengékkel, amíg a háború kitörése ezt meg nem akadályozza. Hruscsov így válaszolt: – *Akkor már egyikiünk sem fog többet borotválkozni.* – Az első titkár egy láda vodkát ajánlott fel ellenszolgáltatásként, de – Szilárd kérésére – végül is egy láda Borzsomi ásványvizet küldött, megte-

tézve füstölt lazaccal és orosz kaviárral. Szilárd pedig rendszeresen küldte a borotvapengéket Nyikitának, amiket ő mindig meg is köszönt. (Ez a Szilárd–Hruscsov találkozó a Pravda 1960. október 6-i számának címdalán szerepelt.) Kettejük tárgyalásának legismertebb eredménye az lett, hogy Szilárd javaslatára forródrót létesült Kennedy és Hruscsov között. Ennek a direkt telefonvonalnak nagy szerepe volt például a kubai rakétaválság idején a nukleáris konfrontáció elhárításában.

Nevezetes nyilvános esemény volt két magyar, Szilárd Leó és Teller Ede televíziós vitája, amelyet a két legnagyobb amerikai TV-társaság, a CBS és NBC közvetített: *Lehetséges-e és kívánatos-e a nukleáris leszerelés?* A vita során a két magyar homlokegyenest ellenkező álláspontot képviselt, mindketten kemény logikával érvelve. Még a vita kezdetén javasolta Szilárd: – *Azt hiszem, Teller, most fogjunk kezét, mert a vita végén esetleg már nem tennénk ezt.* –

Mire Teller így felelt: – *Szilárd, tudd jól, hogy számomra mindig öröm veled kezét fogni. Megjósolom, hogy ez a vita után is így marad.* – Így is lőn. Szilárd tartotta előadásait magyaros hanghordozású angolságával. Ezt hallgatva és megérteni próbálva egy angol professzor megjegyezte: – *Nem is tudtam, hogy a magyar nyelv ennyire hasonlít az angolhoz.* – Szilárd tört angolsága, magyaros kiejtése csak erősítette az amerikai titkosszolgálat (FBI) gyanúját, hogy idegen érdeket szolgáló ügynökkel van dolguk.

Leó egymás után állt elő a legvadabb ötletekkel. New York nagy Központi Pályaudvarának fizető WC-jében játszódó novellájában (*Grand Central Terminal*) azt javasolja, hogy az amerikai Nemzeti Tudományos Alap azért fizesse a másodrangú kutatókat, hogy *ne publikáljanak*. Törekvéseinek központjában az állt, hogyan lehet mindkét fél számára szavahihető módon megvalósítani a nukleáris leszere-

lést. Például javasolta, hogy egy nemzetközi bizottság garantáljon egymillió dollár jutalmat annak az amerikai állampolgárnak, aki az eljövendő nukleáris leszerelés titkos amerikai megsértését jelenti, és ugyancsak egymillió dollárt annak a szovjet állampolgárnak, aki a leszerelés szovjet megsértését jelenti. Azt is javasolta, hogy sorrendben közöljék azon amerikai városok listáját, amelyeket amerikai atomtámadás esetén egymás után el fog pusztítani a szovjet nukleáris ellencsapás, és közöljék azon orosz városok listáját is, amelyeket egymás után el fog törölni az amerikai megtorlás egy szovjet atomtámadás válaszáként. Még merészebb volt az a javaslat, hogy Washington alatt egy bunkerben folyamatosan tartózkodjanak válogatott szovjet katonatisztek nukleáris robbanófejekkel ellátva, és Moszkva alatt egy bunkerben amerikai katonatisztek legyenek ugyancsak nukleáris robbanófejekkel a célból,

hogy amerikai, illetve szovjet atomtámadás esetén a támadó ország fővárosát eltöröljék a Föld színéről. Könyörtelen logikáját mutatja a berlini krízis (Nyugat-Berlin szovjet blokádja) alkalmából közzétett nyilatkozata:

– A televízió megkérdezett, hogy vajon kitörhet-e egy totális háború Berlin miatt. Azt feleltem, hogy szerintem erre nincsen szükség. Nem volna értelme annak, hogy száz amerikai hidrogénbombát dobjanak le Oroszországra és száz szovjet hidrogénbombát amerikai városokra, hogy rendezék Berlin ügyét. Nyilván megszüntetné a problémát, ha mindössze két hidrogénbombát dobnának le, mindkettőt Berlinre. Megkérdezték, minek két bomba, hiszen egyetlen hidrogénbomba is elegendő volna Berlin elpusztítására. Erre azt mondtam, hogy egy ilyen javaslat nem működne, mert Amerika és Oroszország nem tudna megegyezni abban, hogy melyik fél dobja le a bombát. – Az egyik amerikai-szovjet válság idején „kívülállóként” feltette a kérdést:

– Az amerikai államférfiak azt mondják, hogy erkölcsi kötelességük az amerikai nép érdekeinek mindenáron történő megvédése, hiszen az oroszok idegenek. Vajon azt hiszik, hogy Isten is idegeneknek tekint az oroszokat? – Szilárd a világ polgára volt, későbbi évtizedeiben még a magyar emigránsokkal is angolul vagy németül beszélt, csak néha – türelme fogytán – csúszott ki a száján egy (nem tárgyalópartnereinek szánt) erősebb mondat – magyarul. Teller Ede, Leó barátja és ellenfele így jellemezte őt:

– Minden magyar közül Szilárd Leó volt a leginkább magyar. A magyar olyan, hogy utánad lép be a forgóajtón és előtted lép ki onnan. Szilárd Leó elszánt nonkonformista volt. Nem bánta, ha megsért valakit, de egy bűnt soha nem vétett: soha senkit nem unatkoztatott. Volt egy elve, amit egy alkalommal sem szegett meg: soha nem mondta azt, amit vártak tőle.

Joseph Rotblat, Szilárd barátja, Londonban munkatársa, a Los Ala-

mosban is működött – de onnan idővel lelkiismereti okokból kivált – angol fizikus mesélte a szerzőnek:

– Amerikában az ítélethez a 12 tagú esküdtszék egyöntetű állásfoglalása szükséges. Egyszer Szilárd Leót is behívták esküdtnek. Amikor a gyilkossági per tárgyalása véget ért, 11 esküdt véleménye az volt, hogy a vádlott „bűnös.” Egyetlen ellenvélemény volt, Szilárdé: „ártatlan.” Az ítélethozatalt el kellett napolni. Ez alatt Szilárd sorra fölkereste az esküdteket, hogy meggyőzze őket: a vádbizonyítékok logikailag nem teljesen meggyőzőek. Másnap az esküdtszék véleménye így alakult: 11 szerint „ártatlan,” egy esküdt szerint „bűnös.” Ez utóbbi természetesen Szilárd véleménye volt, aki a többi esküdttel folytatott vita során lyukat fedezett föl a vádlott állítólagos alibijén. – Ezekre az érvelésekre jegyezte meg Einstein:

– Szilárd túl okos volt. Hajlamos arra, hogy túlértékeltje a racionális gondolkodás szerepét az emberek életében.

Szilárd Leó legismertebb könyve, *A delfinek hangja* egy utópisztikus regény Jonathan Swiftnek, a *Gulliver* szerzőjének stílusában. A regényt 1960. június 27-én kezdte diktálni. Benne leírta az elkövetkező 25 év történelmét. Megjósolta a baloldali forradalmat Irakban (1970), a két Németország egyesítését (1989) és a nukleáris leszerelés megkezdését (1987). Nem is voltak nagyon hibás jóslatok. A regény szerint a nukleáris leszerelésig a világ a következő módon jutott el:

Bécsben egy nemzetközi kutatóintézetet hoznak létre a delfinek intelligenciájának tanulmányozására. A regény szerint egymással együttműködő szovjet és amerikai tudósok megfejtik a delfinek nyelvét, megtanulják a velük való érintkezést. (Barátai szerint Leó a földelfin szájába adta saját szavait.) A delfinek rendkívüli intelligenciája hasznos eredményeket hoz az emberiségnek, például megtanulják, hogyan lehet tengeri algákból na-

gyon olcsó táplálékot készíteni, amely egyúttal az emberi termékenységet is csökkenti, így megoldja az éhező Harmadik Világ két legsúlyosabb problémáját. A találmányokból mesterséges hold segítségével egy világméretű televíziós hálózatot hoznak létre: a DELFINEK HANGJA az emberek számára közvetíti a delfinek üzeneteit. A sok hasznos üzenet közt a delfinek egy teljes biztonsággal ellenőrizhető rendszert ajánlanak a kölcsönös nukleáris leszerelésre. Az ajánlat oly meggyőző az emberek számára, hogy a politikusok sem mernek ellentmondani a fejlettebb intelligencia javaslatának. 1987-ben a bécsi kongresszus meg is állapodik a teljes ellenőrzött nukleáris leszerelésben, 1988-ban (a regény szerint is) véget ér a hidegháború. A világsajtó a delfinek dicséretét zengi, közvetlenül szeretné meginterjúvolni őket. De ekkor egy váratlan járvány kitörése elpusztítja az emberekkel való kommunikációt megtanult delfinek

csapatát. Ugyanekkor egy tüzeset során leég a korábbi audiovizuális főlvételek archívuma is. Az amerikai és orosz tudósok hazautaznak. Később más országok kutatói újra megkísérlik, hogy kapcsolatot teremtsenek más delfinekkal, de nekik nem sikerül. A mese így végződik:

– Akadtak természetesen, akik kétségbe vonták, hogy a bécsi kutatóintézet valóban kommunikált a delfinekkal és hogy a delfineknek szerepük volt a bécsi nemzetközi kutatóközpont elismerésre méltó eredményeinek elérésében. Amerika szabad ország, bárki azt gondol és mond, amit akar. Mindazonáltal nehéz volna elképzelni, hogy a bécsi intézet elérhette volna mindezt a sikert anélkül, hogy valami többlettel is rendelkezne az amerikai és orosz tudósok kollektív bölcsességén túlmenőleg. – (Az amerikai regényt dán, francia, japán, német, olasz, orosz, spanyol nyelvre is lefordították. A könyv egy példányát Szilárd Nyikita Hruscsovnak ajándékozta. Magyarul a

Fizikai Szemle közölte.) Szilárd Leó később bevallotta, hogy könyvét nem annyira a delfinek intelligenciájáról, mint az emberi butaságról írta.

Most 40 éve, 1957-ben indult meg a *Pugwash Konferenciák* sorozata, ahol a tudomány és béke kérdéseiről tárgyalnak a világ felelősségtudatos tudósai. Ezeken Szilárd kezdettől fogva részt vett [fénykép]. Ő kezdeményezte az *Angyal Programot*: amerikai tudósok repültek Moszkvába, hogy négy szemközt értsenek szót szovjet kollégáikkal. Az egyik *angyal* George Rathjens volt, a Pugwash Mozgalom jelenlegi főtitkára. Fáradozásuknak köszönhetően nyugati és keleti (orosz, japán, kínai) tudósok is nagyon aktívan vesznek részt – saját lelkiismeretüket követve és egyéni nézeteiket képviselve – a Pugwash Konferenciák zárt ülésein, aminek kollektív következtetését az egyes szereplők nevét nem említő záróközlemény hozza nyilvánosságra.

Szilárd fáradozásának volt köszönhető, hogy a Pugwash Konferenciát 1960-ban már Moszkvában tartották. Moszkvából hazautazván Szilárd megállt kedvenc városában, Bécsben. Innen felhívta pesti barátját, Litván Józsefet, aki megkérdezte Leót: nem volna kedve egy budapesti látogatáshoz? Szilárd azt válaszolta, hogy azért nem jön Budapestre, mert eleven emlékezetében az 1919-es és 1944-es holocaust. (Leónak sohasem volt lelkiereje ahhoz, hogy végigolvassa George Orwell nagyon is realista remekét: 1984.) [Wignernek írt levél-faksimile.]

A Pugwash Konferencia azt a szerepet próbálja betölteni, amit Szilárd a Bundnak szánt és amit regényében a Nemzetközi Delfinkutató Intézet játszott. A mozgalom érdemeinek elismerését jelentette a Pugwash Mozgalomnak és elnökének, Joseph Rotblatnak ítélte 1995. évi Béke-Nobel-díj. Rotblat vallja, hogy a Pugwash Mozgalomnak kell vállalnia a tudósok kol-

lektív lelkiismeretének szerepét. 1986-ban Budapesten volt Pugwash Konferencia. A hidegháború múltán kölcsönösen *előnyös* volna a teljes nukleáris leszerelés. Vagy mint minimum követelmény: a nukleáris fegyverek visszavonása az atomfegyverekkel bevallottan rendelkező néhány ország területére. Közép-Európában nem kell külön magyarázni, mennyire bizalomépítő volna Franciaország és Oroszország között egy Európai Atomfegyvermentes Övezet létesítése.

– *Szilárd Leó nemcsak elvállalta, hogy a világ lelkiismeretét képviselje. Maga volt a világ lelkiismerete* – mondotta róla Klein György, a neves stockholmi rákkutató. 1998 februárjában a Pugwash Mozgalom is szerepet vállalt Szilárd Leó születési centenáriumának méltó budapesti megünneplésében.



Teller mondta jóbarátjáról: – *Leó egész életében hűségesen monogám volt: mindvégig egyetlen barátnője volt, az osztrák*

Gertrud Weiss, akivel időnként találkozott valamelyik szállodában. – [Egyéb-ként Trudit társaságban így szokta bemutatni: „Az orvosom.”] – *Leőt elpirulni csak egyszer láttam: amikor gratuláltam 1951-ben csendben megkötött házasságukhoz.* – De a házasságkötés után pár nappal Leó elmenekült, ezt írván Faludi Györgynek: – *A szabadság minden reményét elvesztettem, rémesen érzem magam, kusza a fejem, szinte képtelen vagyok dolgozni.* – Végül is megszokta a házasságot és a boldogságot is.

Szilárd mondta, hogy nem azokkal száll vitába, akik nem hisznek Istenben, csak azokkal, akik azt hiszik, hogy Isten nem létezik. A Tízparancsolatban az egyik ezt mondja: *Tiszteld apádat és anyádat, hogy hosszú ideig élj e földön.* Szilárd egy másik parancsolatot is ajánlott: *Tiszteld a gyerekeket. Figyelemmel hallgasd szavaikat és végtelen szeretettel szólj hozzájuk.* Később megjegyezte: – *Senki sem állíthatja magáról, hogy hatvan-*

évesen olyan, mint tizenhatéves korában volt, noha legtöbbször nem az értelem torzul, hanem a jellem.

1958-ban az Osztrák Alpokban szervezték a Pugwash Konferenciát. Utána Bécsbe látogatott és arról panaszkodott, hogy szokatlan biológiai gondolatait nem mindig fogadják megértéssel a fizikusok. Higatzberger professzor azt javasolta neki, hogy töltsön egy szombatikus évet a Bécsi Egyetemen, ahol az elméleti és kísérleti fizikát, a radiokémiát és a strukturális biológiát magas szinten művelik. Erről a lehetőségről tárgyalva Higatzberger autókirándulásra vitte a környéken. Egyszer csak könnyecsképeket látott Leó szemében. – *Valami baj van?* – kérdezte. – *Ó nem. Csak ezek a falvak Magyarországról emlékeztetnek.* – Néhány kilométerre voltak a magyar határtól. Szilárdo érdekelte a bécsi ajánlat. A következő tavaszon Higatzberger telefonált Amerikába, hogy megkérdezze: realizálódhat-e : Bécsben töltendő tanév. Ekkor

tudta meg a szomorú hírt: hólyagrákot mutattak ki Szilárdnál.

Történt ugyanis, hogy a soron következő Pugwash Konferencia szervezésére Szilárd Stockholmba utazott, ott találkozott a magyar származású Klein Györggyel, a Karolinska Intézet rákkutató osztályának vezetőjével. A tárgyalás során Leó említést tett fájdalomairól. Azon nyomban ott helyben megvizsgálták, így fedezték föl az előrehaladott tumort, amely már egész hólyagját kitöltötte. Az orvosi gyakorlat ekkor jelentős sebészi beavatkozást javall, amit γ -sugárzásos utókezelésnek kell követnie, hogy elnyomja az esetleg visszamaradt rákos sejteket. De Szilárd nem bízott a sebészekben, e helyett Kleint kezdte kérdezni a rák biológiájáról, immunológiájáról. Leó felesége, Trudi orvos volt, őt is megkérte, gyűjtse össze a hasonló orvosi esetek adatait. Kiderült, hogy a sebészi beavatkozás 40 hólyagrákos eset közül csak egynél bizonyult sikeresnek.

1960. január 7-én New Yorkban Szilárd Leó bevonult a Memorial Kórház 812. számú szobájába, azt információs központtá fejlesztette ki. Panaszkodott is: – *Nem bánnam, ha a telefon csak láthatatlan volna a szobában, de sajnos hallhatatlan is.* – Volt már tudása a radioaktivitás biológiai hatásáról és a sejtműködésről. A kórházban Trudi segítségével tovább tanulmányozta a rákgyógyítás irodalmát. Végül maga döntött: a tumor endoszkopikus eltávolítása és utána intenzív γ -sugárkezelés, amelynek során a hólyagot érő dózis 60 sievert legyen. (Szilárd eredetileg 90 sievertet akart. Tudnivaló, hogy egész testet érő 6 sievert dózis 50 % valószínűséggel, 9 sievert egésztest-dózis 100 % valószínűséggel halálos.) A sugárkezelés közben néha kiszökött a kórházból, hogy a közeli Budapest Vendéglő konyhájának örömeit élvezze, és persze cikkeket diktált. A kemény sugárterápia 1960. február 13-án végződött. Szilárd hólyagját ki-

égette a koncentrált gamma-sugárzás, de a vizeletben többé nem volt neoplazma. Az ismételt vizsgálatok nem mutatták a rák semmi nyomát. Így született meg a rák sugárterápiája.

Szilárd visszatért a normális életbe. További TV-viták és újságcikkek következtek, hogy önmaga után megmentse a világot is. 1960 májusában már Washingtonba utazott, hogy átvegye az *Atom a békéért* díjat, mint az a tudós, akit *arra szánt a végzet, hogy kifejlessze az atomreaktort.* – David A. Grandy így foglalta össze Szilárd szerepét a 20. században:

– Szilárd ugyan nem mentette meg a világot, de ekéjével másoknál egy barázdával mélyebben szántott és többet is tett, hogy a természettudomány messianisztikus, de nagyon is emberi álmát hús és vér valósággá váltsa. – Szilárd volt a délkaliforniai Salk Intézet egyik kezdeményezője, hogy ott együtt fejlesszék a biológiát és a társadalomtudományt. Meggyőzték Jonas Salkot, a gyermek-

bénulást megelőző oltás kifejlesztésének Nobel-díjasát, hogy adja nevét, tekintélyét és Nobel-díjának összegét ennek az intézetnek. A városlakó-közmopolita Szilárd hatvanadik évén túl beleszeretett a Csendes-óceán napfényes partjába, 1964 januárjában Dél-Kaliforniába költözött feleségével, életében először telepedett meg saját házacskájában. Ez volt életének talán legboldogabb időszak.



Goethe drámájában a tudós Faust akkut kötött Mefisztóval, az ördöggel. Kozma Andor fordítása szerint:

Ha szólok majd a tünde perchez:

Maradj! Oly szép vagy énnekem,

Akár mindjárt bilincsbe verhetsz,

elhullok akkor szívesen.

Lélekharang akkor konduljon,

végezd el akkor teendőd.

Az óra mutatója hulljon,

ne mondjon nékem több időt.

Faust ígérete után Mefisztó föltárja Faust előtt a világ örömeit és kéjeit,

arra várva, hogy a tudós megelégedetten pihenni vágyjon, ne új célokra és harcokra készüljön. De sok-sok évtized múlik el, míg végül Faust megelégedetten szemléli, hogy az emberiség javára sikerült befejezni egy völgyzáró gátat. (Ma azt mondanók: vízierőművet.)

*Csak az érdemel szabad léte,
aki érte megküzd naponta.*

*Ilyen világban szép az élet,
szabad földön szabad nép fia!*

Ekkor szólok tünde perchez:

Maradj! Oly szép vagy énnekem!

*Boldogságom előre sejtve
e pillanatot most élvezem.*

*Földi létem nem lesz nyomtalan
és nem nyel majd el a végtelen.*

A kiteljesedés boldog pillanatában Az óra áll. A mutató lehull. Ez a halál. Goethe tragédiájában véget ér Faust doktor küzdelme és életpályája.



1964. május 30-án hajnalban Trudi észrevette, hogy Leó szokatlanul nyugodtan és csendesen fekszik az ágyá-

ban. Orvos lévén hamar megállapította, hogy férje számára véget ért a földi lét. 66 évesen álmában vitte el egy erős szívroham (koronaér-trombózis).

Barátja, Edwin Lennov mondotta:

*– Isten sohasem kaphatta volna meg
Leót, ha ő ébren van!*

Dr. Trudi Weiss ragaszkodott a boncoláshoz, az megmutatta, hogy a vizeletkiválasztó szervek tumorjának eltávolítása tökéletes volt.

Szilárd Leó testét elhamvasztották. Az ő eredeti kívánsága az volt, hogy hamvait tegyék színes léggömbökre kötött zacskókba, hadd sodorja azokat a szél az óceán fölé, ennek a látvány-nak legalább a gyerekek örültek volna a tengerparton. A valóságban az urnát San Diegóban, a Ciprus Panoráma Mauzóleumban (Cypress View) helyezték el. (A fémurnát ma is itt őrzik a columbárium raktárában.) Búcsúztatóján Jonas Salk szólt:

*– Leó a fáklyát nem hordozta, hanem
lánggra lobbantotta.*

Teller Ede, Szilárd közeli barátja és ellenlábasa ezt írta Trudinak:

– Csak Dr. Faust nyugtalan alakjára vagyok képes gondolni, aki – Goethe tragédiája szerint – abban a pillanatban halt meg, amikor úgy érezte: megelegedhet.

TÍZ PARANCSOLAT

1. Ismerd föl a dolgok összefüggéseit és az emberek cselekedeteinek törvényeit, hogy mindig tudd: mit is csinálsz.

2. Tetteidet egy méltó cél vezérelje, de ne azt kérdezd szüntelen, hogy elérhető-e ez a cél. Céljaid modellek és mintaképek legyenek, nem pedig cselekedeteid mentségei.

3. Úgy szólj az emberekhez, ahogy tenmagadhoz szólnál. Ne szavaid várható hatásával törődj. Embertársaidat ne zárd ki saját világodból. Mert ha elszigetelődsz, elsiklik szemed elől az élet igazi értelme és elveszítheted a teremtés tökéletességébe vetett hitedet.

4. Ne rombold le, amit magad nem tudnál megalkotni.

5. Ne fordulj a törvényszékhez, ha csak nem vagy nagyon éhes. [Németül *Gericht* egyszerre jelent törvényszéket és tál ételt az asztalon.]

6. Ne kívánd, amit úgysem tudsz megkapni.

7. Ne hazudj, ha nem föltétlenül szükséges.

8. Tiszteld a gyermekeket. Tisztelettel figyeld szavaikat és végtelen szeretettel szólj hozzájuk.

9. Hat esztendőn át munkálkodjál. A hetedik esztendőben vonulj el magányba vagy idegenek közé, hogy barátaid véleménye ne tartson vissza attól, hogy az légy, amivé váltál.

10. Gyengéd kézzel vezesd magad az életen át és bármikor légy készen eltávozni belőle, amikor a hívó szó elhangzik.

Szilárd Leó, 1940. október 30.

BIBLIOGRÁFIA

SZILÁRD LEÓ
MŰVEI

Über die Ausdehnung den phänomenologischen Thermodynamik auf die Schwankungserscheinungen. Zeitschrift für Physik 32 (1925) 753–788.

Ein einfacher Versuch zur Auffindung eines selektiven Effektes bei der Zerstreuung von Röntgenstrahlen. (H. Mark und L. Szilard) Zeitschrift für Physik 33 (1925) 688–691.

Die Polarisierung von Röntgenstrahlen durch Reflexion an Kristallen. (H. Mark und L. Szilard) Zeitschrift für Physik 35 (1926) 743–747.

Electrodynamic Movement of Fluid Metals particularly for Refrigerating Machines. (L. Szilard and A. Einstein) Szabadalomkérés 1928. december 24-én, 303 065. számú brit szabadalom 1930. május 30-án.

Beschleunigung von Korpuskeln. S89 028. számú német szabadalom, 1928. december 28.

Korpuskularstrahlröhre. S89 288. számú német szabadalom, 1925. január 5.

Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelli-

genter Wesen. Zeitschrift für Physik 53
 (1929) 840–856
*On the Decrease of Entropy in a Thermodynamic
 System by the Intervention of Intelligent Be-
 ings.* Behavioral Science 9 (1964) 301–310.
Entrópiacsökkenés értelmes lények hatására. Fizi-
 kai Szemle 29 (1979) 58–63.
*Asynchronous and Synchronous Transformers of
 Particles.* 5730/34. számú brit szabadalom,
 1934. február 21.
*Chemical Separation of the Radioactive Element
 from its Bombarded Isotope in the Fermi Effect.*
 (L. Szilard and T. A. Chalmers) Nature 134
 (1934) 462.
Transmutation of Chemical Elements. 440 023.
 számú brit szabadalom, benyújtva 1934.
 március 12-én.
*Improvements in or Relating to the Transmutation
 of Chemical Elements.* Szabadalomkérés 1934.
 június 28-án. A 630 726. számú brit szaba-
 dalmat elfogadták 1936. március 30-án, az
 titkosítva volt 1949. szeptember 28-ig.
*Detection of Neutrons Liberated from Beryllium
 by Gamma Rays.* (L. Szilard and T. A. Chal-
 mers) Nature 134 (1934) 494–495.
*Liberation of Neutrons from Beryllium by X-Rays:
 Radioactivity Induced by Means of Electron
 Tubes.* (A. Brasch, F. Lange, A. Waly, T. E.
 Banks, T. A. Chalmers, L. Szilard and F. L.
 Hopwood) Nature 134 (1934) 880.

Radioactivity Induced by Neutrons. (L. Szilard
 and T. A. Chalmers) Nature (1935) 98.
Absorption of Residual Neutrons. Nature 136
 (1935) 950–951.
*Further Improvements in or Relating to the Trans-
 mutation of Chemical Elements.* 814 236. szá-
 mú brit szabadalom, 1935.
Gamma Rays Excited by Capture of Neutrons. (J.
 H. E. Griffiths and L. Szilard) Nature 139
 (1937) 323–324.
Apparatus for Nuclear Transmutation. 263 017.
 számú USA szabadalom, 1939. március 20.
Radioactivity Induced by Nuclear Excitation. (M.
 Goldhaber, R. D. Hill and L. Szilard) Physi-
 cal Review 55 (1939) 47–49.
*Instantaneous Emission of Fast Neutrons in the
 Interaction of Slow Neutrons with Uranium.*
 (L. Szilard and W. H. Zinn) Physical Re-
 view 55 (1939) 799–800.
*Azonnali gyorsneutron-emisszió uránból lassú
 neutronok hatására.* Fizikai Szemle 29 (1979)
 456–460.
Neutron Production and Adsorption in Uranium.
 (H. L. Anderson, E. Fermi and L. Szilard)
 Physical Review 56 (1939) 284–286.
Emission of Neutrons by Uranium. (W. H. Zinn
 and L. Szilard) Physical Review 56 (1939)
 619–624.
*Divergent Chain Reaction in Systems Composed of
 Uranium and Carbon.* Physical Reviewba el-

küldve 1940. február-14. Kinyomtatása viszatartva a szerző kívánságára. Az Uránium Bizottság MDDC-446 (1940) számú iratának titkosítását 1946 novemberében oldották föl.

Neutronic Reactor. (E. Fermi and L. Szilard) 2708656. számú USA szabadalom, benyújtva 1944. december 19-én, megadva 1955. május 17-én.

Calling for a Crusade. Bulletin of the Atomic Scientists 3 (1947) 102–106.

Letter to Stalin. Bulletin of the Atomic Scientists 3 (1947) 347–349.

Atomic Bombs and the Postwar Position of the USA in the World. Bulletin of the Atomic Scientists 3 (1947) 351–353.

Experiments on Light-Reaction of Ultra-violet Inactive Bacteria. (A. Novick and L. Szilard) Proceedings of the National Academy of Sciences 35 (1949) 591–600.

Shall We Yield or Fight? Bulletin of the Atomic Scientists 5 (1949) 177–178.

Did the Soviet Bomb Come Earlier than Expected? Bulletin of the Atomic Scientists 5 (1949) 262.

Scientists Give New Warning. Bulletin of the Atomic Scientists 5 (1949) 264.

Shall We Face the Facts? Bulletin of the Atomic Scientists 5 (1949) 269–273.

Can We Have International Control of Atomic Energy? Bulletin of the Atomic Scientists 6 (1950) 9–12.

The Diary of Dr. Davis. Bulletin of the Atomic Scientists 6 (1950) 51–57.

The Facts about the Hydrogen Bomb. Bulletin of the Atomic Scientists 6 (1950) 106–109.

Description of the Chemostat. (A. Novick and L. Szilard) Science 112 (1950) 715–716.

Experiments with the Chemostat on Spontaneous Mutations of Bacteria. (A. Novick and L. Szilard) Proceedings of the National Academy of Sciences 36 (1950) 708–719.

Virus Strains of Identical Phenotype but Different Genotype. (A. Novick and Leo Szilard) Science 113 (1951) 34–35.

Anti-Mutagens. (A. Novick and Leo Szilard) Nature 170 (1952) 926–927.

Security Risk. Bulletin of the Atomic Scientists 10 (1954) 384–386.

A Device for Growing Bacterial Populations Under Steady State Conditions. (M. S. Fox and L. Szilard) Journal of General Physiology 39 (1955) 261–266.

The First Step to Peace. Bulletin of the Atomic Scientists 11 (1955) 104.

Disarmament and the Problem of Peace. Bulletin of the Atomic Scientists 11 (1955) 297–307.

On the Nature of Aging Process. Proceedings of the National Academy of Sciences 45 (1959) 30–45.

A Theory of Aging. Nature 184 (1959) 957–958.

The Control of Formation of Specific Proteins in Bacteria and in Animal Cells. Proceedings of the National Academy of Sciences 46 (1960) 277-292.

How to Live with the Bomb and Survive? Bulletin of the Atomic Scientists 16 (1960) 59-73.

To Stop or Not to Stop. Bulletin of the Atomic Scientists 16 (1960).

The Berlin Crisis. Bulletin of the Atomic Scientists 16 (1960) májusi borítón.

The Molecular Basis of Antibody Formation. Proceedings of the National Academy of Sciences 46 (1960) 293-302.

Dependence of Sex Ratio at Birth on the Age of the Father. Nature 186 (1960) 649-650.

On Cuba. Bulletin of the Atomic Scientists 17 (1961) májusi borítón.

Mined Cities. Bulletin of the Atomic Scientists 17 (1961) 407-412.

Are We on the Road to War? Bulletin of the Atomic Scientists 18 (1962) 23-30.

On Memory and Recall. Proceedings of the National Academy of Sciences 51 (1964) 1092-1099.

Minimal Deterrent versus Saturation Parity. Bulletin of the Atomic Scientists 20 (1964) 6-12.

The Sting of the Bee in Saturation Parity. Bulletin of the Atomic Scientists 21 (1965) 8-13.

The Voice of the Dolphins. Simon and Schuster, New York (1961) 126 oldal. Megjelent még: Anglia (1961), Olaszország (1962), Franciaország (1962), Japán (1962), Németország (1963), Argentína (1963), Dánia (1964).

A delfinek hangja. (Rövidítve) Fizikai Szemle 28 (1978) 253-258.

Csillagok, figyelem! Fizikai Szemle 14 (1964) 332-334.

Collected Works of Leo Szilard I - Scientific Papers. (B. T. Feld and G. Weiss Szilard editors) M.I.T. Press, Cambridge MA (1972) 737 oldal. Ez tartalmazza azokat az atom-energiával kapcsolatos jelentéseit is, amelyek titkosítását föloldották.

Collected Works of Leo Szilard II - His Version of Facts. (S. R. Weart and G. Weiss Szilard editors) M.I.T. Press, Cambridge MA (1978) 244 oldal. Levelek és memorandumok.

Collected Works of Leo Szilard III - Toward a Liveable World. (H. S. Hawkins, G. A. Greb and G. Weiss Szilard editors) M.I.T. Press, Cambridge MA (1987) 500 oldal. Ez tartalmazza az 1946 után írt politikai jellegű írásokat.

SZILÁRD LEÓVAL FOGLALKOZÓ
SZAKIRODALOM

- TIBOR FRANK: *Genius Welcome I-II*. Thesis at the Hungarian Academy of Sciences, Budapest (1996) 600 oldal
- DAVID A. GRANDY: *Leo Szilard – Science as a Mode of Being*. University Press of America, Lanham (1996) 189 oldal
- GEORGE KLEIN: *The Atheist and the Holy City*. MIT Press, Cambridge MA (1992) 223 oldal
- KLEIN GYÖRGY: *A kiszabadult szellem*. Fizikai Szemle 41/6 (1991) 193–196.
- KLEIN GYÖRGY: *Sakkjátszma a halállal*. Fizikai Szemle 41/7 (1991) 221–223.
- KLEIN GYÖRGY: *A tudomány körül*. Gondolat, Budapest (1994) 147 oldal
- WILLIAM LANOUE: *Genius in the Shadows*. Maxwell MacMillan, New York (1992) 588 oldal
- MARX GYÖRGY: *90 éve született Szilárd Leó*. Fizikai Szemle 38/8 (1988) 281–283.
- MARX GYÖRGY: *Egy levél margójára*. Magyar Tudomány 41/2 (1996) 228–232.
- MARX GYÖRGY: *Beszélgetés marslakókkal*. Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Budapest (1992) 146 oldal
- GEORGE MARX (editor): *The Martians*. Eötvös Loránd Tudományegyetem (1997) 152 oldal

- GEORGE MARX: *The Voice of the Martians*.* Akadémiai Kiadó, Budapest (1997) 412 oldal
- PALLÓ GÁBOR: *A kívülálló: Szilárd Leó*. Fizikai Szemle 43/8 (1993) 335–341.
- RICHARD RHODES: *The Making of the Atomic Bomb*. Simon and Schuster, New York (1986) 886 oldal
- SZALAY SÁNDOR: *Szilárd Leó 1898–1964*. Fizikai Szemle 14 (1964) 331–332.
- SZENTÁGOTHA JÁNOS: *Avatóbeszéd Szilárd Leó emléktáblájánál*. Fizikai Szemle 39/6 (1989) 201–202
- EUGENE P. WIGNER: *Leo Szilard 1898–1964*. Biographical Memories of the National Academy of Sciences 40 (1969) 337–347
- PETER WYDEN: *The Day before Hiroshima and After*. Simon and Schuster, New York (1984) 412 oldal



* A könyvben szereplő adatok és idézetek forrása itt megtalálható.

A kiadásért felelős
az Akadémiai Kiadó Rt. igazgatója
Nyomdai előkészítés: Kármán Tamás
A nyomást és a kötést
az Akadémiai Nyomda végezte
Felelős vezető: Reisenleitner Lajos
Martonvásár, 1997
Felelős szerkesztő: Róbert Zsófia
Műszaki szerkesztő: Gábor Péter
Kiadványszám: A-97-65
Megjelent 4,095 (A/5) iv + 16 oldal
terjedelemben